

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

"ECOLOGÍA PESQUERA DEL TIBURÓN MARTILLO *Sphyrna lewini* (Griffith Y Smith, 1834) EN EL LITORAL DEL ESTADO DE MICHOACÁN, MÉXICO".

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
(BIOLOGÍA DE SISTEMAS Y RECURSOS ACUÁTICOS)
P R E S E N T A

BIOL. VICENTE ANISLADO TOLENTINO
Director
Carlos J. Robinson Mendoza

MÉXICO D. F. **2000**

ÍNDICE

Yavé contestó a Job en medio de la tempestad para decirle:

<<Amárrate los pantalones como hombre, voy a interrogarte y tú me enseñaras: ¿realmente serás tú quien firmara mi sentencia y me condenará para afirmar tus derechos? ¿Tiene tu brazo la fuerza de Dios y sabe tronar como él?................

Y a Leviatán

¿Lo pescaras con tu anzuelo y con una cuerda lo sujetaras de la lengua?

¿Le atraviesas las narices con una caña, o con una caña o gancho lo sacarás de las quijadas?

¿Acaso te hará largas súplicas y te hablará con timidez?

¿Se comprometerá contigo en un contrato para servirte toda su vida?

¿Te entretendrá como un pajarillo, lo atarás para gozo de tus hijas?

¿Será puesto en venta por los socios, y después repartido entre comerciantes?

¿Acribillarás su piel con flechas, y clavarás un arpón en su cabeza?

Si colocas tu mano sobre él,

¡mira que lucha ¡

No volverás a comenzar>>

JOB 40: 6-9, 25-32

DEDICATORIA

A los pescadores del mundo, por su incansable lucha. ¡No están solos hermanos!

A Josefina Gómez por su paciencia y apoyo, gracias amantisima esposa.

A Jannet y Patricia Anislado, son lo mejor que me ha pasado.

A mi madre, Margarita Tolentino, quien a pesar de todo se mantiene erguida, gracias por siempre jamas.

A mi padre, Marcos Anislado, por enseñarme a enfrentar lo inevitable.

A Esther Gómez, por todo lo que eres, gracias cuñada.

A Santos Gómez, por esos consejos, gracias suegro.

A mis hermanos, Marcos, Leticia, Martín, Beatriz, Patricia y Elvira, por que no mengüen sus esfuerzos por ser felices.

A mis cuñados y sobrinos, en especial a Mauricio y a Diana, ganen esta batalla.

A mi pequeño ángel, algún día podré besar tu frente.

A nuestra querida Kika estandarte viviente de nuestra iglesia de San Alberto el Magno, Copilco

Al Sacerdote Didier B. Leurent, por su apoyo espiritual.

A mi comadre Catalina Salas y Familia, gracias por su amistad.

A mi amigo Arnulfo Lobato, descansa en Paz.

A la tía Yola, por compartir un momento de su vida, que en gloria este.

Al Lic. en Derecho y Maestro de lucha olímpica de la ENP 2, Jorge Rosado, por ser un pilar de mi formación.

A los dirigentes de la U. Dep. Bombeo Sur de la DGCOH D. D. F. muy en especial a los ingenieros Francisco Medina M., Pablo Nochebuena F., Arturo García P., Ricardo Pérez, Martín Reyes, Eduardo Gutiérrez, y a todos aquellos que me faltaron, por el apoyo incondicional.

A mis amigos y compañeros de trabajo: J. Miguel Villavicencio Sánchez, Simón Piña Olivares y José Galicia Serralde, por ser parte del esfuerzo de este estudio.

A mis queridos amigos Santiago Colín e Ismael Cossio de la Sección Sindical 2 del D. D. F.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa de Becas para estudios de Posgrado de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM, por la beca otorgada para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco de la manera más profunda al Dr. Carlos Robinson. M. por su confianza y apoyo en este trabajo.

A los Doctores Arturo Ruiz L., Virgilio Arenas, Shelton Applegate, Margarito Tapia, Pablo Arenas y Felipe Amézcua y a los M. en C. Patricia Fuentes y Luis Espinosa-Arrubarrena, por sus asesorías y comentarios.

Al Doctor. Juan Madrid Vera, por ponerme en este camino.

A los M. en C. Fernando Marquez y David Mendizabal y a la bióloga Ana María Torres, por sus grandes aportes en el conocimiento de estos bellos animales-

Agradecimientos póstumos para el Dr. Carlos García Moreira, sus enseñanzas son una joya atesorada.

A la M. en C. Irene Pisanty y a la Dra. Cecilia Vanegas, por su apoyo incondicional.

A mis amigos y condiscípulos: Gladis Pérez López, América Plata, Lourdes Comba, Alejandro Morales, Mauricio Nava , Miguel Salcedo y muy en especial a Patricia J. Ramos Chaparro.

A mis colegas Fernando Sotelo, Carlos Mouriño, David Corro, Leonardo Castillo y Javier Tovar, por sus aportes, discusiones, recomendaciones y apoyo incondicional.

A mis amigos del Laboratorio de Pesquerías del ICMyL. Ariosto Lechuga, Gabriel, Norma y muy en especial a Antonio López.

A mi guru de la computación Pedro Gutiérrez y al personal de la Biblioteca de Ciencias de la Tierra: José Luis, Arturo, Jaime, Ofelia, Angélica y al Lic. Saúl.

RESUMEN

Este trabajo se basó en el análisis de 4692 tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) recolectados durante 11 años (junio de 1987 a febrero de 1998) procedentes de la pesca artesanal de la costa michoacana. Paralelo a esta costa existen tres zonas de segregación social de estos tiburones, siendo la más importante el área de refugio y crianza, donde las crías se reclutan cerca del Río Nexpa. Un indicio de la reducción de la edad reproductiva como mecanismo de regulación frente a la presión pesquera, es que las edades estimadas de primera madurez y de maduración del 50% de la población, no presentaron diferencias significativas (P>0.0001). La gestación dura aproximadamente 10 meses, los partos presentan un promedio de 30 crías con una proporción 1.2:1 de hembras contra machos, los ciclos de partos masivos son trianuales. Estos tiburones son ictiófagos con una alta preferencia por batoideos, diferenciándose las hembras por preferir presas pelágicas, llegando a incluir en su dieta al delfín manchado (*Stenella attenuata*), sin que se pueda diferenciar si esta observación corresponde a la depredación o carroñeo. Los tiburones martillo juveniles, de 110 a 160 cm, ejercen canibalismo sobre las crías, como depredadores importantes de juveniles del tiburón martillo se encuentran el tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*) y el pargo colmillón (*Lutjanus novemfasciatus*). Las relaciones de la ictiofauna acompañante en la captura, se definen principalmente por depredadores y presas, además de la competencia interespecífica expresada por la preferencia alimenticia, depredación y uso del espacio. Los índices de mortalidad natural (M) y por pesca (F) presentan valores de 0.32 y 0.61 respectivamente, mientras que los rendimientos por recluta (Y/R) muestran una especie que encuentra en sus máximos valores al tener edades de entrada a la pesquería y promedio de captura cercanas a la madurez sexual. Los valores demográficos obtenidos fueron Ro = 11.8 y r = 0.32, por su comportamiento en diferentes escenarios, el primer índice representa la resistencia y el segundo la elasticidad del stock frente a la pesca de esta región. En las condiciones actuales de pesca Ro desciende hasta 5.5% mientras que la r se vuelve negativa.

INTRODUCCIÓN

Las pesquerías que se dedican a la captura de elasmobranquios han presentado una expansión muy acelerada en las tres últimas décadas y con esto una explotación no regulada por la falta de estudios biológico-pesqueros de las especies de tiburón. Esta pesquería muestra disminución del volumen y del tamaño promedio en las capturas en un período de tiempo muy corto, debido a la vulnerabilidad del tiburón, al poseer un bajo potencial reproductivo, una lenta tasa de crecimiento, una madurez sexual tardía y una fuerte densodependencia demográfica (Anderson, 1990; Castillo, 1990 y 1992; Dayton, 1991; Bonfil, 1994; Anislado, 1995).

Los caso más dramáticos de lo anterior se han observado en la pesquería con arpón del tiburón peregrino (*Cetorhinus maximus*) en la Costa Oeste de Irlanda que comenzó en 1770 y cerró en 1830 para regresar en actividad en 1940 con una gran reducción de la captura (Fowler, 1996), de la cual mucha de esta solo era para extraer el hígado (O´Connor, 1954).

Con la baja en la demanda del aceite de hígado de tiburón, las pesquerías del tiburón escolar (*Galeorhinus galeus*) en la Costa de California (Ripley, 1946), Costa sur de Australia (Olsen, 1959), Sudáfrica, Brasil (Peres y Vooren, 1991), Uruguay (de Buen, 1952), Norte de Argentina (Chiaramonte, 1995; Chiaramonte y Corcuera, 1995) y Nueva Zelanda (Seabrook-Davinson, *et al.* , 1985; Francis, 1998), enfrentaron una declinación durante 1950 a causa de la baja en la demanda de aceite, pero de manera particular en California la caída en las

capturas durante la década de los cuarenta se debió a la disminución de la proporción de hembras maduras dentro de la población (Walter, 1998)

Los subproductos del tiburón se destinan a diferentes mercados, en la medicina alternativa, el aceite de hígado se presenta como perlas ricas en vitamina A y E, cremas faciales, protectores solares, linimentos para masaje corporal y tratamiento de hemorroides (Preparación H). Actualmente el cartílago liofilizádo es usado como la panacea contra el cáncer, y su gran demanda ha incrementado las capturas. En las industrias con maquinaria de alta precisión no se ha logrado desplazar al escualeno como lubricante, a pesar del ingreso de aceites sintéticos. En el mercado de artesanías y joyería, las mandíbulas llegan a tener precios de hasta mil dólares, y los dientes empotrados en oro y/o plata llegan a los 500 dólares, sin mencionar la taxidermia y piel para la peletería. Sin embargo, la principal meta de captura es sostener el mercado de alimentos, donde se ofrece la carne fresca o en salpreso, la aleta para sopas que tiene valores de 150 dólares por tazón, y es la causa del "aleteo", actividad donde se cortan las aletas y se tira el animal aun con vida. El ecoturismo en la actualidad explota a los tiburones vivos en acuarios o en visitas guiadas a zonas de cardúmenes y comederos, estas operaciones deberán ser evaluadas ya que pueden cambiar el comportamiento natural de las poblaciones afectadas.

Con un volumen mundial de casi 100 millones de toneladas de productos pesqueros, en 1996, México aportó 1.2% de la captura (1 412 ton) ubicándose en el lugar 16 a escala mundial. En lo que respecta al tiburón-cazón, para ese mismo año, se obtuvieron 756, 000 ton, de las

cuales el país aporto 4.4% (33 469 ton) ocupando el séptimo lugar mundial (SEMARNAP, 1999).

Actualmente, la pesca del tiburón constituye una valiosa fuente de trabajo y alimento para un gran número de familias que habitan las zonas costeras de ambos litorales mexicanos. Este recurso se divide dos rubros en las estadísticas oficiales: 1) cazón, que corresponde a organismos de menos de 150 cm de largo; 2) tiburón, que corresponde a los animales de mas de 170 cm de largo e incluyen también a los nonatos en un subgrupo denominado "tripa", que en algunos lugares llega a representar un 50% de la captura.

A escala nacional, la captura del tiburón-cazón fue de 24,383 toneladas, en 1998, cantidad que lo colocó en el onceavo lugar de los recursos pesqueros, los volúmenes en sus dos rubros son, para el tiburón 17,404 ton e ingresos de $130,899 y para el cazón 6,979 ton e ingresos de $61,053°°, estableciéndose en los lugares onceavo y vigésimo primero del volumen y en el octavo y decimoctavo de los ingresos de toda la pesquería nacional. El Pacífico representa el 65.4% del volumen con 12, 952 ton de tiburón y 2, 988 ton de cazón, y el estado de Michoacán capturo el 0.3% del volumen nacional, quedando en el lugar 16 con 44 ton de tiburón y 38 de cazón (SEMARNAP, 1999)

Sin embargo, a pesar de que el estado de Michoacán solo aportó del 0.3 al 0.8 % anual de la pesca del tiburón, históricamente ha presentado una disminución considerable. La pesquería del tiburón se comienza a registrar en 1976 con 9 toneladas, mismas que aumentan a 160 ton,

en el año de 1981 y presentan un descenso a 58 ton en 1986 y un ascenso en 1989 de 302 ton, manteniéndose durante 1990 a 1996 en un rango de 70 a 115 toneladas anuales, y para el año de 1997 disminuye a 52 ton lo que indirectamente implica una sobrexplotación de este grupo (SEMARNAP, 1998, 1999).

En muchas áreas del Pacífico mexicano, la pesca incide en los primeros grupos de edad, no dejando crecer y reproducir a las especies, lo que ocasiona con esto un daño al stock pesquero que en lo futuro traerá repercusiones ecológicas muy graves.

Se ha intentado evaluar a las poblaciones de tiburones con diferentes métodos desarrollados para los peces óseos, pero estas estimaciones han arrojado resultados cuestionables debido a que los elasmobranquios difieren mucho de los teleósteos principalmente en su comportamiento, estrategias alimentarias y sobre todo reproductivas (Compagno, 1990). En los últimos años los especialistas han sugerido utilizar modelos que incluyan estructuras de edad y biomasa, similares a los aplicados a los mamíferos marinos. Estos modelos basados en estructuras de edad, proveen evaluaciones más realistas. El principal obstáculo para el progreso en la evaluación del recurso ha sido la carencia de datos biológicos y pesqueros apropiados (Anderson, 1990; Castillo *et al.* 1996; Castillo y Marquez, 1996).

Debido a los puntos anteriores, los pocos estudios ecológicos que apenas han señalado la gran importancia que este conocimiento amerita, se han dado en congresos regionales, nacionales e internacionales (Anislado, 1994; Rodríguez *et al.* , 1997; Chen y Liu, 1997). Algunos trabajos

sólo incluyen puntos aislados como son comportamiento migratorio y reproductivo, olvidando la gran cantidad de información que pueden proporcionar los índices de diversidad, equidad, similitud, de amplia aplicación en peces óseos y mamíferos marinos, que pueden orientar sobre algunos comportamientos de las comunidades de elasmobranquios. Razón por la cual es importante que los conocimientos ecológicos y pesqueros sean encaminados a un mejor aprovechamiento del recurso, ya que junto con los aspectos sociales y económicos se podrán elaborar proyectos de administración pesquera adecuados y viables en las zonas de importancia pesquera.

En este trabajo se integraron datos ecológicos y poblacionales, logrando obtener información biólogico-pesquera del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), que pueda dar recomendaciones viables de normatividad pesquera para estos tiburones. El tiburón martillo representa comercialmente y de manera local un 60% de la biomasa capturada y es un depredador importante que regula la estructura de poblaciones de otras especies.

OBJETIVOS

GENERAL

Analizar la pesquería del tiburón martillo, *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834), dentro de un contexto ecológico y poblacional para ofrecer criterios más apropiados de su manejo.

PARTICULARES

1). - Delimitar las zonas de segregación social de la especie basándose en un análisis de acumulación de grupos a través de los índices de diversidad, equidad y dominancia ecológica.

2). - Estimar los parámetros relacionados con la madurez sexual aplicando modelos cuantitativos de madurez y fecundidad, basados en los criterios de Holden (1974), Mendizabal (1995) y Anislado (1995)

3. - Proponer afinidades tróficas de la especie y sus depredadores por el análisis de los contenidos estomacales.

4. - Evaluar las interacciones biológicas de la ictiofauna acompañante en las capturas del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*).

5). - Estimar las relaciones biométricas y los parámetros de mortalidad, sobrevivencia e índice de explotación.

6). - Realizar un estudio comparativo de los modelos del rendimiento por recluta de Berverton y Holt (1957) y de las tablas de vida poblacional, para determinar una estrategia óptima pesquera.

ANTECEDENTES

Actualmente existen aproximadamente 450 especies de tiburones (Compagno, 1984 y 1999), de las cuales México cuenta con 100 y son capturadas comercialmente de manera extensiva a 40 especies (Applegate *et al.* 1979; Castro-Aguirre, 1978).

Dentro de la pesca del tiburón, la costa del Pacífico sobresale por su mayor diversidad con alrededor de 30 especies explotadas comercialmente. Destacan por su abundancia, las familias Carcharhinidae y Sphyrnidae (Bonfil, 1997), mientras que otras especies no son aprovechadas por su baja abundancia o por encontrarse en zonas casi inaccesibles a la pesquería artesanal

A partir de los años cincuenta y principios de los sesenta se inician los trabajos en la zona litoral y oceánica del Pacífico mexicano, para conocer la identidad, distribución, aspectos reproductivos, alimentación, migración y tasas de explotación de las diversas especies de tiburones en el Pacífico (Castillo *et al.* 1996).

Uno de los primeros trabajos de etología fue realizado por Springer (1967), en el cual se postula la segregación poblacional de tiburones como una estrategia para evitar la competencia intraespecífica. Otros trabajos retoman el punto, tal es el caso de Muñoz-Chapuli (1984), quien proporcionó un esquema de la etología reproductiva de los tiburones del Atlántico Noreste, al igual que Castro (1993) que revisó la distribución de tallas y sexos de varias especies, donde destacan las de los géneros *Carcharhinus* y *Sphyrna.*

Strong *et al*. (1990) describieron la secuencia depredatoria de un ejemplar del gran tiburón martillo (*Sphyrna mokarran*) sobre una raya (*Dasyatis americana*) donde se aprecia la forma en que la cabeza es usada para "amartillar" y crear un pivote que los posiciona frontalmente a su presa, y asientan que este comportamiento es una generalidad en las formas de caza de esta familia de tiburones.

Los trabajos de marcaje y recaptura han servido para conocer patrones de migración y crecimiento. Hernández-Carballo (1965 a, b) proporcionó los resultados de cruceros de investigación en marcado y recuperación de marcas en tiburones, principalmente del Golfo de California. Este primer estudio sobre aspectos de la biología de las especies más abundantes, incluye notas sobre abundancia relativa y distribución geográfica estacional. Para 1967, Kato y Hernández-Carballo presentaron el reporte final de las investigaciones de marcado y recaptura de tiburones del Golfo de California, costa de Sinaloa y las Islas Revillagigedo.

La evaluación es la base para la conservación y su aprovechamiento de manera responsable. Uno de los primeros trabajos en éste ámbito es el de Marin (1964), quien resume los aspectos más importantes de la pesquería de tiburón en el Pacífico. En 1969, Castro-Aguirre publicó un trabajo donde describe la pesca y aprovechamiento de los tiburones en nuestro país.

Por otro lado Hernández-Carballo (1967) destacó la importancia de los tiburones martillo (Sphyrnidae) en la sustentabilidad de la pesquería de Mazatlán, debido a la alta cantidad de organismos capturados. Sánchez (1977) analizó la pesquería del tiburón en la zona Seri de

Sonora y da algunos datos de aparente sobrexplotación del tiburón martillo prieto *Sphyrna zygaena.*

En un trabajo conjunto EUA - México, Holts (1988) realizó una extensa revisión de las pesquerías de la costa occidental de los EE.UU., incluye un breve comentario sobre abundantes capturas de tiburones pelágicos de la flota pesquera de conversión de palangre, que operó en aguas de la Zona Económica Exclusiva del Pacífico Oriental Mexicano, durante el periodo de 1980-1990.

De los primeros trabajos donde se enfatiza la importancia del uso de la estructura de talla-edad se encuentra que Castillo (1990) proporciono la ecuación de crecimiento para el cazón bironche *Rhizoprionodon longurio* de Sinaloa. El mismo autor (1992) realizó un diagnóstico de la pesquería del tiburón a escala nacional, resumiendo así el conocimiento biológico y pesquero de los tiburones explotados comercialmente. Posteriormente Mendizabal (1995) realizó el análisis de la biología reproductiva, crecimiento, mortalidad y diagnóstico pesquero de los tiburones zorro y volador (*Alopias vulpinus y Carcharhinus limbatus*) recolectados por los barcos palangreros de la serie “Tiburón” durante el periodo 1985-1987.

En cuanto a la ecología, Compagno (1990) propone una lista de hábitos relacionados a la zona y alimentación de los tiburones y que dependen de los estilos alternativos de vida de cada taxón.

Para la concienciación de la conservación, Elst y Adkin (1991) propusieron: analizar los parámetros de crecimiento, aspectos reproductivos, rutas de migración y zonas de distribución, como puntos principales de estudio para lograr la conservación y explotación de 95 peces del sur de África, de los cuales, al igual que en México, el tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*) y el tiburón chato (*Carcharhinus leucas*), especies que son intensamente explotados.

Applegate *et al.,* (1993) propusieron una serie de recomendaciones de tipo general para la regulación y conservación de este recurso pesquero a partir de una revisión de los conocimientos actuales en México sobre éste recurso, las cuales se aconseja reducir los esfuerzos pesqueros en las áreas de crianza de las especies, además de fomentar los estudios básicos de los stocks.

ESTUDIOS SOBRE EL TIBURÓN MARTILLO

El tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) se distribuye desde la costa de California, el Golfo de California, hasta Panamá, Ecuador y posiblemente hasta el norte de Perú (Compagno, 1984). Es una especie móvil y se desplaza formando grandes cardúmenes, como se ha documentado en el Golfo de California (Klimley, 1985). Este pez *s*ostiene parte fundamental de las pesquerías en una amplia zona de la costa del Pacífico mexicano, como se ha documentado para la costa de Mazatlán, Sinaloa (Hernández-Carballo, 1967).

En las costas de Michoacán la pesquería del tiburón está compuesta por aproximadamente un 70% de neonatos y juveniles del tiburón martillo o cornuda baya, *Sphyrna lewini* (Ruiz, 1983 y Anislado, 1995).

Los aspectos de comportamiento y segregación del tiburón martillo fueron investigados por Clarke (1971) quien reporta la incidencia de neonatos en áreas específicas de Hawai, las cuales son consideradas como áreas de crianza. Para la década de los ochenta y principios de los noventa existe una serie de estudios sobre el comportamiento y ciclo de vida del tiburón martillo *Sphyrna lewini*, que habita en la región sur del Golfo de California (Klimley y Brown, 1983; Klimley y Nelson, 1984; Klimley, 1985; Klimley, 1987; Klimley y Blutler, 1988; Klimley *et al.*, 1988; Klimley *et al.*, 1993), con los que para esa zona específica se puede iniciar la integración para delinear las estrategias para una pesca responsable.

Para la determinación de la edad y crecimiento, Schwartz (1983) analizó las marcas de crecimiento en el borde vertebral de ésta especie y del tiburón negro, *Carcharhinus oscurus,* para las aguas de Baja California. Para las aguas del Golfo de México, Branstetter (1987) bajo la misma técnica, menciona la formación anual de marcas de crecimiento para los especímenes del Golfo de México.

Chen *et al.,* (1988 y 1990) encontraron que el periodo de gestación es de 10 meses; la formación de una marca de crecimiento al nacer y posteriormente dos anillos anuales para las poblaciones del noreste de Taiwan. Anislado (1995) presentó el análisis de marcas de

crecimiento del borde de las vértebras cervicales de *Sphyrna lewini*, encontrando gran similitud con los resultados presentados por Chen *et al.* (1990), y aporta también datos de la reproducción y de la biología poblacional en el ámbito pesquero en la Costa Michoacana.

Castro (1999) propuso una clasificación de los tiburones de acuerdo a su explotación: 1) Especies que no pueden ser ubicadas en las categorías subsecuentes, por la falta de datos. 2) Especies explotadas directamente y donde sus capturas no han disminuido históricamente. 3) Especies explotadas vulnerables a la sobrepesca por sus capturas en las zonas de crianza. 4) Especies que han mostrado una importante declinación histórica en sus capturas, o que han presentado una extinción local, y 5) Especies que son raras de capturar actualmente después de haber formado gran parte de la biomasa capturada.

De acuerdo con la clasificación anterior, el tiburón martillo es ubicado por Castro (1999) como una especie explotada de la categoría 3, debido a que forma cardúmenes que los hace vulnerables a los artes de pesca artesanales y de altura, mientras que en la costa michoacana se capturan neonatos en gran abundancia en la pesquería ribereña.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de trabajo abarcó el litoral michoacano, en las coordenadas 18º 03´ N 102º 28´ W a los 18º 27´N 103º 23´ W, desde el Río Mexcalhuacan hasta la orilla del Río Ostula (Fig. 1) teniendo como base de operaciones, en cada salida, al poblado denominado Caleta de Campos (18ª 04´ N y 102ª 45´ 18´´ W) por ser el que mayor importancia tiene en el Estado Michoacán para la pesca artesanal costera (Anislado, 1995)

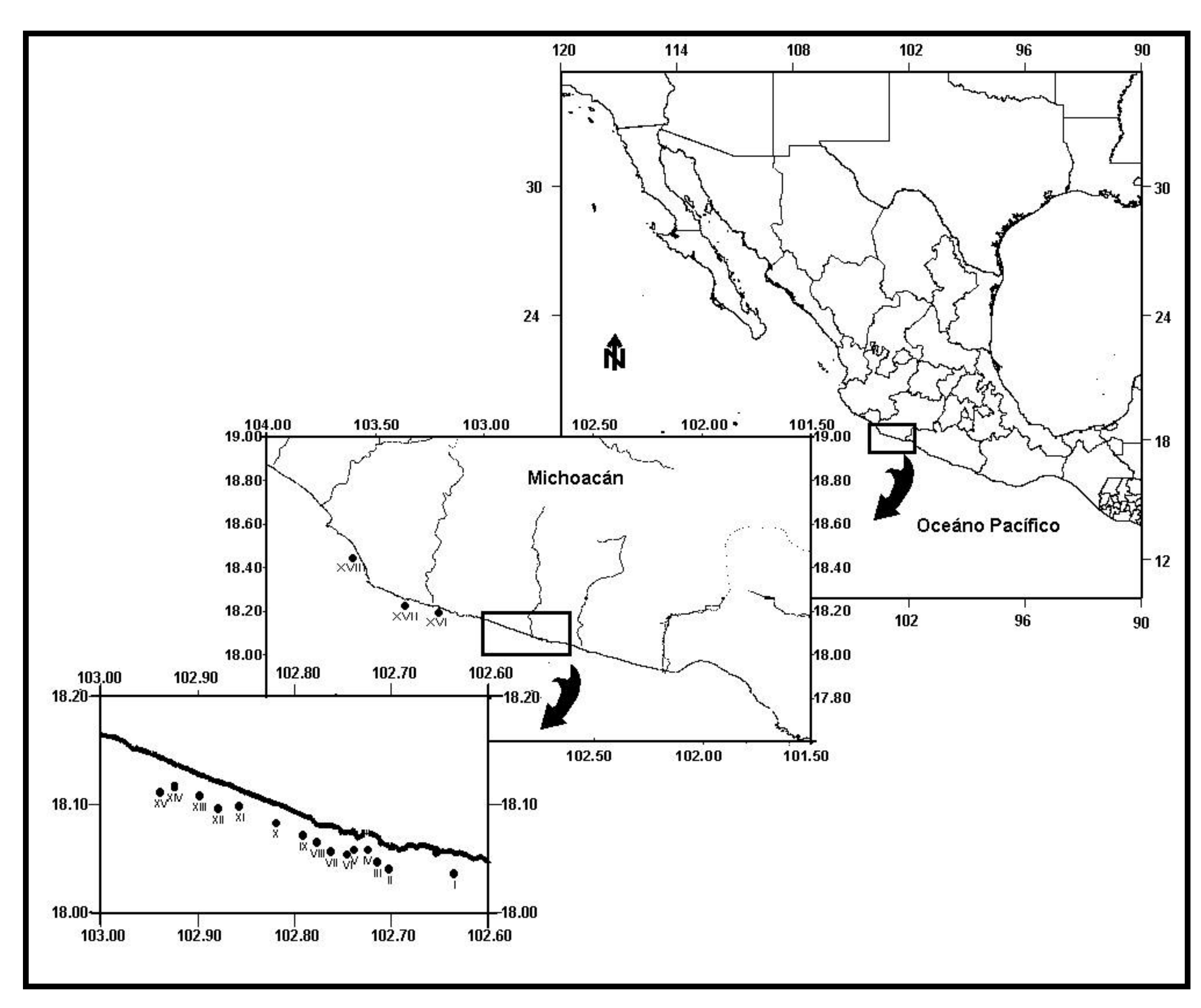


Figura 1.- Area de estudio. Los números romanos marcan las estaciones de pesca descritas en la sección de material y métodos.

SISTEMÁTICA Y DIAGNOSIS DE LA ESPECIE.

En éste trabajo se utiliza la posición sistemática propuesta por Compagno en 1984, la cual es la siguiente:

Orden: Carcharhiniformes Compagno, 1973

Familia Sphyrnidae Linnaeus, 1758.

Género: *Sphyrna* Rafinesque, 1810.

Especie: *S. lewini*. (Griffith y Smith, 1834.)

La siguiente descripción es el resumen de las características que Gilbert (1967), Gilbert (1981), Applegate *et al*. (1979) y Compagno, (1984) presentan:

Cabeza moderadamente expandida, ancho de 24.0 al 30.2 % de la longitud total (casi 26%). Su margen anterior posee ondulaciones poco profundas que forman tres lóbulos, la ranura narinal no se extiende a la parte media del margen anterior de la cabeza. Dientes triangulares, de base ondulada, bordes lisos, excepto en ejemplares de más de 170 cm, donde aparece una débil e irregular aserración. Formula dental 15/15 o 16-0/16-1, excluyendo los dientes sinficiales. Primera aleta dorsal recta no inclinada hacia atrás, su margen libre nunca llega al origen de las pélvicas, segunda aleta dorsal menor que la anal, base de la aleta anal más larga que la base de la segunda dorsal, pedúnculo caudal con fosa precaudal en forma de media luna en la parte dorsal, Puntas de las aletas pectorales y de la dorsal negras, dorso grisáceo y blanco amarillento en la región ventral y flancos obscurecidos (Fig. 2)

Distribución: Pantropical, subtropical y aguas templadas. Atlántico Oeste: de Nueva Jersey a Brasil, Golfo de México, Caribe y Bahamas. :Atlántico Este: de Senegal a Zaire y el

Mediterráneo. Indo-Pacífico Oeste: de Sudáfrica al Mar Rojo, Pakistán, India, Islas Malvinas, Tailandia, Archipiélago Indonesio y Filipinas. Pacífico Oriental: China, Japón, Australia, Nueva Caledonia. Pacífico Central: Hawaii, Tahití. Pacífico Este: de Baja California Sur y Golfo de California al Ecuador.

Aspectos biológicos: Probablemente es el tiburón martillo más abundante. Es considerado como un tiburón pelágico-costero, se le localiza en las cercanías de las playas, deltas de ríos, y estuarios, e incluso llegan a incursionar dentro de los ríos. Se ha encontrado hasta los 275m de profundidad. Las crías y juveniles se encuentran en aguas someras de las costa. Esta especie puede formar cardúmenes (de 30 a 200 individuos) o vivir solitariamente, además, hay lugares donde las poblaciones son migratorias y en otros son poblaciones residentes.

Las talla reportadas para el nacimiento varían de 38 a 55 cm de longitud total, mientras que las tallas máximas para los adultos son de 300 a 400 cm de longitud total

Son tiburones vivíparos placentarios. El periodo de gestación varia de 9 a 10 meses. los machos maduran entre los 140 y 160 cm las hembras aproximadamente a los 200 cm ,el número de crías varia de 15 a 40. Las crías son paridas en zonas de crianza que se caracterizan por ser aguas someras protegidas por bahías, ensenadas o bajos.

Pesquerías (Bonfil, com. pers., 1996): Es quizá el tiburón martillo más capturado en las pesquerías artesanales y de altura en los trópicos, lo mismo se le pesca con redes como con anzuelos, y las crías son fáciles de capturar por sus agregaciones.

La carne es consumida fresca, congelada, salpresada y ahumada; las aletas son usadas para preparar la base de la sopa de aleta; las pieles son usadas en la peletería; el aceite de hígado se usa como vitamínico; las mandíbulas y dientes para artesanías; el cartílago como medicina

alternativa y los restos como harina. Aunque en realidad en ningún país se aprovecha integralmente.

Se han denunciado por organizaciones ecologistas la captura de hasta 500 individuos (casi 20 toneladas) de esta especie por embarcaciones orientales que practican la pesquería pirata en la Reserva Marina de las Islas Galápagos. Chen *et al.,* (1988) reportaron que las capturas de esta especie superan a la de otros tiburones, capitalizando casi 500 ton. para mediados de la década de los ochenta

Debido la alta presión pesquera que el tiburón martillo presenta en las crías, se ha incluido en la lista de los 26 especies de tiburones con prioridad de conservación, ya que en el Atlántico Norteamericano se han reducido sus capturas.

Nombres comunes: Español: Tiburón martillo, Cornuda, Cornuda baya, Cornuda barrosa y Tiburón cruz.

Inglés: Scalloped hammerhead shark

Francés: Requin-marteau, halicorne.

Alemán: Bogenstirn-hammerhai

Italiano: Pesce stampella.

Japonés: Aka-Shumokuzame.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las colectas se realizaron durante los siete días antes y siete días después a la luna nueva de cada bimestre (Archivos de 1987 a 1998 del Grupo de Ecología Pesquera del *Programa de Ciencia y Sociedad* de la Facultad de Ciencias, UNAM). De los tiburones capturados en la pesca comercial del litoral michoacano se recabó la información que a continuación se menciona:

Con el fin de obtener los datos biométricos que permitieron recobrar información de organismos eviscerados, así como aquellos que son necesarios para la estimación de los parámetros ecológico-pesqueros se tomaron las siguientes medidas (Figura 2).

Lt.- Longitud total, del margen anterior de la cabeza hasta la punta posterior del lóbulo superior de la aleta caudal.

Lp.- Longitud precaudal, de la parte anterior hasta la muesca precaudal dorsal.

Pt.- Peso total (en hembras preñadas se excluyen los embriones, seudoplacenta y demás componentes derivados)

Pe.- Peso eviscerado, del cuerpo descabezado, sin vísceras y sin aletas.

Mxp.- Longitud interna del mixopterigio (clasper).

Debido a que los tiburones descargados en la playa llegan generalmente descabezados, procedió a identificar a la especie con la confirmación de la presencia de dos paquetes musculares hipoaxiales en la región cervical y de la posición de las aletas (Nayaka, 1995) y de la posición de las aletas impares, en este caso se tomo la medida artificial siguiente:

L d-pc.- Longitud interdorso-precaudal, desde el origen anterior de la primera aleta dorsal a la muesca precaudal dorsal.

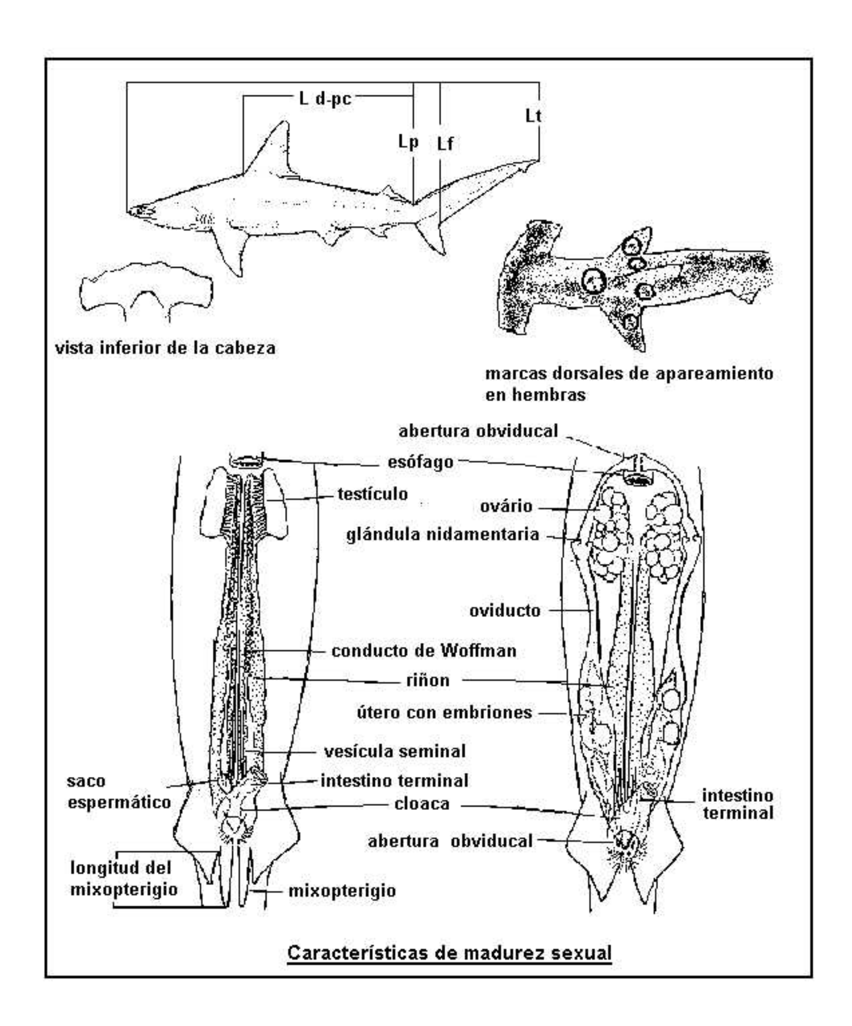


Figura 2. - Datos merísticos recabados en los tiburones martillo (*Sphyrna lewini*): Lt.- Longitud total; Lp.- Longitud precaudal; L d-pc.- Longitud interdorso-precaudal; Lf.- Longitud furcal; se aprecian también características reproductivas.

Se recolectaron datos relacionados con el arte de pesca, zona, se registró el número de individuos, de la ictiofauna acompañante capturada con el tiburón martillo, con lo que se

obtuvieron los parámetros biologico-pesqueros, la segregación, así como la relación de la presencia y ausencia de los otros peces.

Para el análisis de los aspectos reproductivos se usó la tabla de madurez sexual, modificada de la propuesta por Mendizabal en 1995 (Tabla 1) complementándola con ciertas características propuestas por Holden (1974)

Machos:

1. - Longitud del mixopterigio.

2. - Rotación sobre su eje del mixopterigio.

3. - Grado de distensión de los componentes del mixopterigio.

4. - Presencia de semen en el saco sifonal, observación macroscópica.

5. - Longitud del testículo, color y vascularización.

Hembras:

1. - Longitud del ovario, color y vascularización.

2. - Diámetro de la glándula oviducal.

3. - Presencia de semen en la glándula oviducal, observación macroscópica.

4. - Flacidez o turgencia del útero.

5. - Número de embriones por sexo y su longitud promedio. Si la hembra perdió a sus embriones, por un aborto causado por el traumatismo de la captura, y si hay restos de cordones umbilicales y el número de estos.

6. - Lugar en el cuerpo, profundidad y longitud de las marcas de apareamiento.

Tabla 1. - Estados de madurez sexual para tiburones, modificada de Mendizabal (1995)

Machos		Hembras	
Inmaduro (I)	- Mixopterigios cortos y suaves. - Testículos delgados subcilíndricos e incoloros, sin vascularización - Conductos deferentes rectos	Inmaduro (I)	- Ovario pequeño liso e incoloro, con oviductos delgados y rectos
En Desarrollo (II)	- Mixopterigios cortos y suaves. - Testículos con vascularización incipiente. - Conductos deferentes rectos.	En Desarrollo (II)	- Ovario con muchos folículos sin desarrollar (granulado a simple vista) color pálido. - Glándula oviducal y útero no diferenciado del oviducto.
Premaduro (III)	- Mixopterigios elongados y rígidos por calcificación. - Testículos desarrollados, conductos deferentes en espiral color crema y vascularización visible.	Premaduros (III)	- Ovario con folículos amarillentos hasta de cinco mm de diámetro. - Útero y glándula oviducal en forma de corazón, diferenciados por el diámetro mayor del oviducto.
Maduros (IV)	- Mixopterigios elongados y rígidos por calcificación. - Testículos engrosados, conductos deferentes en espiral, color crema y vesícula seminal turgente con esperma y una alta vascularización. - Saco sifonal con semen denso y blanquecino.	Maduros (IV)	- Útero largo y flácido, glándula oviducal grande en forma de corazón. - ovario con óvulos desarrollados color amarillento - Óvulos de 3 a 5 cm de diámetro
		Preñada (V)	- Embriones en el útero. Cuando son abortivas: cordones umbilicales y restos de placenta o útero flácido y desgarres internos, cloaca altamente vascularizada.

Para el análisis trófico, se disectaron los tratos digestivos de los tiburones martillo capturados. Los restos alimenticios encontrados fueron identificados al taxón más cercano a la especie y conservados en etanol al 70%.

Las muestras de los depredadores del tiburón martillo, se obtuvieron de un trabajo paralelo al presente estudio, donde se revisaron los estómagos de otras especies de peces, cuando se encontraron restos de tiburones martillos en estos peces, se determinó la correspondencia corporal del área mordida, delimitadas en cuatro regiones del cuerpo

1) Prepectoral.- A partir del margen anterior de la cabeza al margen anterior de las aletas pectorales.

2) Interdorsal.- Parte dorsal que va del margen anterior de la primera aleta dorsal al margen posterior de la segunda aleta dorsal.

3) Abdominal.- Parte ventral que va del margen anterior de las aletas pectorales al margen de anterior de la aleta anal.

4) Caudal.- Del margen posterior de la aleta anal al margen posterior del lóbulo superior de la aleta caudal.

Las muestras biológicas se transportaron en bolsas de plástico, contando con su respectiva etiqueta, correspondiendo con el mismo registro de la bitácora de trabajo, en botes de 20 litros con tapa hermética

En el laboratorio se examinó el contenido estomacal con claves especializadas para cada grupo y determinó el taxón más cercano a la especie.

BIOLOGÍA

SEGREGACIÓN

Durante el desarrollo de otras investigaciones del Proyecto de Ecología de Pesquerías de la Facultad de Ciencias, se ubicaron físicamente 18 estaciones de pesca de tiburón martillo, referenciadas con un punto geográfico a tierra (Tabla 2).

Tabla 2.- Estaciones de pesca para el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) en la costa michoacana.

Estación	Nombre	Coordenadas Latitud	Longitud
1	Pueblo Mexcalhuacan	18°02´06"N	102°38´05"W
2	Pueblo Carrizalillo	18° 02´22"N	102°42´06"W
3	Barranca Majahuita	18° 02´46"N	102°42´51"W
4	Pueblo Teolan	18°03´27"N	102°43´26"W
5	Pueblo Caletilla	18°03´27"N	102°44´17"W
6	Punta "El Corralón"	18°03´11"N	102°44´43"W
7	Rompeolas "Lázaro Cárdenas"	18°03´20"N	102°45´43"W
8	Pueblo Los Hornos	18°03´51"N	102°46´34"W
9	Río Nexpa	18°04´15"N	102°47´26"W
10	Pueblo La Zacatoza	18°04´56"N	102°49´08"W
11	Pueblo El Faro	18°05´53"N	102°51´25"W
12	Playón "El Totugero"	18°05´45"N	102°52´43"W
13	Pueblo El Salado	18°06´26"N	102°53´51"W
14	Pueblo Majagua	18°06´58"N	102°55´25"W
15	Río Mexiquillo	18°06´40"N	102°56´17"W
16	Pueblo Pichilinguillo	18°11´41"N	103°12´42"W
17	Pueblo Marhuata	18°13´24"N	103°21´432"W
18	Río Ostula	18°26´43"N	103°36´17"W

Tomando en cuenta que los tiburones muestran patrones de utilización del espacio mediante segregación de tallas y sexos, como una estrategia de reducción de la competencia intraespecífica (Springer, 1967; Muñoz-Chapuli, 19874 y Castro, 1993) y aunado a diversas observaciones realizadas los tiburones martillo capturados se dividieron por su presencia en la pesquería regional y de manera operacional en cohortes de talla y sexo.

Para la ordenación espacial de las estaciones de pesca, los datos de los tiburones capturados se acumularon de manera espacial en el análisis cluster de los promedios de grupos pares no ponderados (UPGMA) aplicado a las distancias euclidianas (Sokal y Sneath, 1963; Pielou, 1984).

Para validar las zonas de segregación social encontradas se usaron los índices ecológicos de diversidad (*H´*) de Shannon - Weaner y los índices de equidad (*J*) y dominancia (*D*) de Pielou (Margalef, 1957).

$H' = - \Sigma \{(ni/N) \ Log_2 \ (ni/N)\}$

$J = H' / \log_2 S$

$\boldsymbol{D = 1 - J}$

Donde n_i es el número de individuos del grupo de edad y sexo i y N es el número total de individuos en la muestra: S es el número de grupos de edad por estación.

ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Se realizaron los análisis que permitieron corroborar la talla primera madurez sexual, por sus frecuencias en sus diferentes estadios. Las edades en relación con la longitud se estimaron a partir del modelo de crecimiento de von Bertalanffy (ECVB) que fue estimado, para la especie, por Anislado (1995).

$Lt = 340.3 * (1-e^{-0.152\ (t + 0.997)})$

Donde Lt es la talla al tiempo t y t es el tiempo en años, 340.3 cm corresponden a la longitud total teórica máxima alcanzable ($L\infty$), 0.151 es la constante de crecimiento (K) y -0.997 es el tiempo hipotético al que la talla es 0 (to)

La talla para machos se correlaciono con la longitud interna de los mixopterigios, además de señalar los estados de madurez sexual definidos en la tabla 2.

Para las hembras la talla de madurez sexual se valoró a través de la distribución de estados de madurez definidas en la tabla 1 y con los puntos propuestos por Holden (1974), posteriormente la talla se transformo a edad con el uso de la ECVB. La fecundidad en las hembras se determinó por la función que explicó la relación del número de crías total y por sexos correlacionados con la talla total de la madre.

Para la estimación de la proporción de la población sexualmente madura, para cada sexo se usó la ecuación logística de Begenal y Braum (1971) modificada por la función de ajuste propuesta por Gunderson *et al*. (1980)

$P_L = 1/(1+ Ro\ e^{(bL)})$

Donde Ro y b son la ordenada al origen y pendiente, respectivamente, de la función de ajuste

$$R_L = Roe^{(bL)}$$

Donde R_L es la diferencia de la máxima proporción sexual (=1) y la proporción sexual de la talla L, entre la proporción sexual de la talla L.

$$R_L = (1-P_L)/ P_L$$

Por considerarse, a las hembras, como el componente que soporta la densidad poblacional (Roff, 1992), se les aplicó el modelo de Jensen (1996) para la edad óptima de madurez sexual, la cual es definida como aquella edad en que se encuentra el 90% del número máximo alcanzable de crías, y que se estima a partir de la sustitución de

$$L_{(mx)} = 0.66*L\infty$$

$$T_{(mx)} =(Ln\ (1-(L_{(mx)} / L\ \infty) / - K) - to$$

Donde $L_{(mx)}$ y $T_{(mx)}$ es la longitud y edad óptima de madurez sexual correspondientemente, $L\infty$, K y- to son los coeficientes de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy

Basado en las abundancias de organismos de diferentes estadios ontogénicos, se definieron los meses de alumbramiento y apareamiento, además de manera indirecta las meses de mayor disponibilidad poblacional y de fragilidad del recurso.

Se ha considerado que los picos de abundancia temporal en las capturas de ciertas especies de peces son un reflejo de las agregaciones masivas en la costa (Olsen, 1954; Clarke, 1971; Springer, 1967; Muñoz-Chapuli, 1984; Compagno, 1984; Holland *et al.* 1993; Applegate *et al.* 1993; Crow *et al*. 1996) motivo por el cual en este trabajo se analizó la frecuencia histórica de la captura del tiburón martillo en el estado de Michoacán.

ASPECTOS TRÓFICOS

Las afinidades tróficas fueron determinadas a partir de datos de presencia – ausencia de los restos alimenticios encontrados en siete cohortes de talla y sexo que son crías de ambos sexos de 45 a 60 cm: sexos separados de 80 a 110 cm; sexos separados de 110 a 160 cm; y sexos separados de 160 cm en adelante, se propone un índice de probabilidad alimenticia (IPA) y que se expresa por la función:

$$IPA = (\Sigma(AEi / AET))/E*100$$

Donde AEi son los artículos estomacales presentes en el individuo i; AET es el número total de artículos estomacales en el estómago i y E es el número de estómagos revisados.

Para encontrar si existen similitudes en la dieta de las cohortes se aplicó un Análisis de Varianza de dos colas para dos criterios (Weiner, 1996), y para determinar el grado de semejanza entre cada grupo se incluyó el índice de similitud de Jaccard (Margalef, 1957).

$$CC = (100*S)/(N1 + N2 - S)$$

Donde CC es el coeficiente de similitud; S es el número de elementos en común, N1 y N2 son los números de elementos en las cohortes analizadas.

La categorización de la similitud en la afinidad trófica de las cohortes se dio según lo siguiente:

Similitud trófica alta > 50 %

Similitud trófica media > 30 % y < 50 %

Similitud trófica baja > 10 % < 30 %

Similitud trófica nula < 10 %

Para el estudio de los depredadores del tiburón martillo, se obtuvo el porcentaje de las regiones del cuerpo que fueron desprendidos y se estimo la talla de la presa por comparación directa con ejemplares de la colección ictiológica del Grupo de Pesquerías. Para determinar si existía predilección por alguna área del cuerpo de la presa se usó el índice de probabilidad alimenticia (IPA) propuesto en el punto anterior.

RELACIÓN ENTRE EL TIBURÓN MARTILLO Y LA ICTIOFAUNA ACOMPAÑANTE.

En la hipótesis de que existan ciertos patrones de organización entre las especies pescadas junto con el Tiburón martillo dentro de las mismas artes de captura, se realizó el análisis cluster mediante el algoritmo UPGMA (Sokal y Sneath, 1963) a las distancias euclidianas (DE). Los grupos obtenidos se interpolaron con los datos de alimentación y depredación.

PESQUERíA

RELACIONES BIOMÉTRICAS

Para éste punto, una vez obtenido el coeficiente de correlación de Spearman (R^2) entre la longitud total y las otras longitudes recabadas, se realizaron las regresiones lineales simples y/o logarítmicas con el fin de tener un patrón de recuperación de datos en organismos eviscerados, usando como argumento de bondad de ajuste la prueba de t de Student para dos colas y el análisis simple de varianza (Sokal y Rohlf, 1966; Snedecor y Cochran, 1968).

Debido a rapidez con la que hay que recabar los datos, el peso no fue fácil de ser tomado en el campo, los datos presentados en la regresión son exclusivamente de aquellos organismos que se evisceraron en playa, considerándose representativos de la población.

Los parámetros biologico-pesqueros se determinaron a partir de la agrupación por talla-edad, esto con la necesidad de usar modelos que incluyen estructuras de edad para la mejor aproximación de la situación actual del recurso en las zonas de captura.

MORTALIDAD

Debido a que los índices de mortalidad son prioritarios en los análisis posteriores y presentan variaciones dependiendo de los postulados de cada uno de los modelos (Vetter, 1988), se uso el promedio de cada índice.

La mortalidad total (Z) se infirió a partir de los siguientes modelos: Beverton-Holt (1956), fundamentados en la diferencia de tallas y edad de captura y la cual se expresa:

Tallas

$Z = K(L\infty - Lc)/(Lc - Lo)$

Edad

$Z = 1/(tc - t')$

Donde Lc es la talla promedio de captura, Lo es la talla de primera captura, tc es la edad promedio de captura y t´ es la edad de primera captura.

Otro modelo usado fue el de Sstentongo y Larkin (1973) que se expresa como:

$Z = (n*k) / \{(n + 1) \text{ Ln } \{(L\infty - Lc)/(Lc - Lo)\}$

Donde n es el tamaño de muestra.

Tomando en cuenta la recomendación de Vetter (1988), se usaron diferentes modelos para la mortalidad natural (M) que incorporan datos ambientales y de la historia de vida, tal es el

caso del modelo propuesto por Taylor (1958), donde se usa la longevidad teórica máxima como parámetro decisivo y el cual se sintetiza en la función:

$M = 0.05/K$

El modelo de Rikhter y Efanov (1976), el cual usa la correlación del inverso de la edad de madurez sexual, en función del exponente alométrico 0.72 obtenido en la exploración de varios stocks pesqueros, y de la mortalidad natural expresándose como:

$M =(1.52/tm^{0.72})-0.155$

Donde tm es la edad en la que el 50% de la población esta madura sexualmente

Utilizada en un gran número de trabajos (Hoening y Gruber, 1990; Anderson, 1990; Castillo, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet *et al.* 1992; Cortes, 1995; Mendizabal, 1995; Sminkey y Musick, 1996, Castillo *et al.* 1996, Castillo y Marquez, 1996). La mortalidad natural propuesta por Hoening (1983), se basa en la regresión exponencial de edad máxima encontrada en las pesquerías contra la mortalidad natural de 84 stocks de 53 especies de peces, proporcionando la formula empírica siguiente:

$Ln (Z) \approx Ln (M) = -1.01 \ln (tmax) + 1.46$

Donde tmax es la edad máxima observada.

Roff (1984) usando parámetros importantes de la demografía propone un modelo que estima la mortalidad natural máxima que la población puede tener, este modelo se considera un modelo prometedor para determinar más fehacientemente este índice, y su función sintetizada es:

$$M = (3k\ e^{-KT(mx)}) / (1- e^{-K\ T(mx)})$$

En 1987 Ralston propone una función a partir de regresión lineal en función de la constante de crecimiento (K) y su relación con M de peces de la familia Lutjanidae y Serranidae:

$$M=-0.0666+2.52K$$

Por último y siguiendo con la tendencia al uso de parámetros demográficos, Charvanov y Berrigan (1990), de acuerdo con la regresión de los logaritmos naturales de M y de T de 52 especies de peces, proponen el siguiente modelo sintetizado:

$$M = 2/ T_{(mx)}$$

Para los modelos de Roff (1984) y de Charvanov y Berrigan (1990), con la variante de incorporar la $T_{(mx)}$ de Jensen (1996).

Analizando posibles fuentes de mortalidad natural, además de los depredadores, se observaron los parásitos, inspeccionando el cuerpo de los individuos recolectados,

principalmente en branquias, piel, ojos y tracto digestivo. Los parásitos se retiraron por medio de pinceles y fueron depositados en solución salina al 9%. La determinación de estos se realizo en campo bajo observación con microscopio de disección, por medio de las claves: Para los copépodos con Kabata, (1984), sanguijuelas por la propuesta de Sawyer *et al.* (1975), Eucestodos con las claves de Euzet (1994) y los nemátodos por el trabajo de Yamaguti (1961).

La mortalidad por pesca (F) se estimó por sustracción en los rangos de tendencia de las mortalidades total y natural según lo recomendado por Baranov (1918); Beverton y Holt (1956; 1957); Gulland (1971); Sstentongo y Larkin (1973); Ricker (1975); Wetherall *et al.* (1987).

$F = Z - M$

El índice de explotación (E) se valoró de acuerdo a la propuesta de Gulland (1971) cuya función es:

$E = F/(M+F)$

RENDIMIENTO POR RECLUTA (Y/R) Y PLAN PESQUERO A LA ESTRATEGIA $F_{0.1}$.

En este punto se separaron los datos de la pesca en aguas someras y la pesca de rendimiento, con la finalidad de establecer criterios de comparación de estrategias de captura en la misma región.

Para la determinación del rendimiento por reclutamiento se usó el modelo de Beverton y Holt (1957) realizando los diagramas de contornos, según la función:

$$Y/R = W_{\infty} * F * \exp(-M*tc-tr) \sum_{j=0}^{3} \Omega \left[((\exp(-jk(tc-to)) / (F+M+jK)\right] \left[1-\exp(-(F+M+jk)(tL-tc)\right]$$

Donde Y/R es el rendimiento por recluta; W_{∞} es el peso máximo estimado; tr es la edad de entrada al área de pesca; Ω = 1; -3; 3; -1; j = 0, 1, 2, 3; to y K son parámetros de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy (ECVB); y tL es la edad máxima observada.

Para obtener puntos estratégicos de regulación se usó la proposición de Gulland y Boerema (1973) y en la metodología de Anthony (1982) para la estrategia $F_{0.1}$, que estrictamente se define como el esfuerzo menor al del Rendimiento Máximo Sostenible, permitiendo estar abajo del umbral de incertidumbre que este provoca (Deriso, 1987; Ehrhard *et al.* 1997).

Los pasos usados en este estudio fueron: simular el rendimiento por recluta (Y/R) contra la mortalidad por pesca, a distintas edades: Edad de reclutamiento (tr), edad promedio de captura (tc) para redes de 3" y más de 8" de luz de malla, así como en el palangre parguero y tiburonero, y a la edad crítica o de rendimiento máximo en ausencia de pesquería (t_{crit}; Alverson y Carney, 1975) y en retrospectiva la edad óptima desarrollada en las tablas de vida.

$$T_{crit} = to + (\ln((3K/M)+1) / K)$$

Donde to y K son parámetros de la ecuación de crecimiento y M es la mortalidad natural

ANÁLISIS DEMOGRÁFICO (TABLAS DE VIDA)

Las tablas de vida fueron construidas a partir de los parámetros de mortalidad (M, F y Z), sobrevivencia (l_x) y número de embriones hembras en promedio por hembra (m_x), y se rigen en los siguientes supuestos básicos:

1) Los procesos de fecundidad y mortalidad no son afectados por la densidad de la población y son constantes en el tiempo.

2) El éxito reproductivo de las hembras no depende del número de machos de la población (Gezt y Haigth, 1989)

La sobrevivencia se calculó por medio de la función:

$l_{x+1} = l_x \exp(-(F+M)*x)$

Donde: l_{x+1} es la sobrevivencia a la edad siguiente; l_x es la sobrevivencia en la edad **x** y **x** es la edad.

La tasa neta reproductiva (Ro), definida como el número esperado de hembras hijas producidas por una hembra a lo largo de su vida (Roff, 1992), se obtuvo a partir de:

$$Ro = \sum_{x=0}^{x=\nu} (l_x * m_x)$$

Donde m_x es el numero de crías hembras por madre

El tiempo generacional (G), que se define en extenso como el tiempo promedio del nacimiento de los padres al nacimiento de la primera progenie, se obtuvo mediante la expresión:

$$G = \left(\sum_{x=0}^{x=\nu} (x\, l_x * m_x)\right)/Ro$$

La tasa intrínseca de incremento poblacional anual (r) se calculó mediante la formula:

$r = \text{Ln}(Ro)/G$

y se ajusta (ri) por la iteración de la ecuación de Euler-Lotka (Roff, 1984):

$$\sum_{x=0}^{\infty} (l_x * m_x * e^{-rix}) = 1.0$$

La tasa anterior se usa para estimar la mortalidad por pesca en el máximo rendimiento sostenible (F_{MRS}) según lo propuesto por Ricker (1975) y que se expresa matemáticamente como:

$F_{MRS} = r/2$

La tasa finita de incremento poblacional (λ) está dada por:

$\lambda = \exp(r)$

Para estimar el tiempo teórico de la duplicidad del tamaño poblacional (T_{x2}) se uso la función:

$T_{x2} = \ln(2)/r$

De acuerdo con Mertz (1970, *in:* Krebs, 1994) se estimó la distribución estable por edades (Cx) por medio de la función:

$$Cx = (\lambda^{-x} lx) / \sum_{i=o}^{\infty}(\lambda^{-i} li)$$

Los parámetros demográficos fueron simulados en función a las estrategias de explotación de acuerdo con la mortalidad por pesca en las variantes de: La estrategia $F_{0.1,}$ r_{mrs}; F = M, Ro/2, situación actual.

RESULTADOS

Durante once años de muestreo, divididos en dos periodos: de junio 1987 a diciembre de 1992 y de julio de 1993 a febrero de 1998, se acumularon los datos de 4692 tiburones martillo. Los tiburones martillo registrados se encuentran incluidos en los registros de 26,325 peces capturados en asociación dentro de la pesca comercial de la costa de Michoacán.

Los 4692 ejemplares de tiburones martillo fueron distribuidos, de acuerdo a las características que cada análisis necesita para su desarrollo:

1356 en la distribución en las áreas de pesca

124 en la madurez sexual de machos

97 en la madurez sexual de las hembras (solo en 47 de estas se pudieron sexar a los embriones)

4629 en los arrivamientos masivos

150 para aspectos tróficos

1356 para las relaciones de la ictiofauna acompañante

260 para la relación de longitud furcal y longitud total

103 para la relación de longitud precaudal y longitud total

180 para la relación de longitud interdorso-precaudal y la longitud total.

83 para la relación de peso total y longitud total

4692 para la estimación de las mortalidades

BIOLOGÍA

SEGREGACIÓN

El análisis cluster muestra la existencia de seis grupos de similitud (Figura 3), validando lo anterior con los índices de diversidad y dominancia, debido a la separación espacial que hay entre la estación de pesca I con respecto a las estaciones XIV, XV, XVI y XVII, además de una gran diferencia entre los valores diversidad y dominancia (Figura 4) pueden separase en dos zonas de segregación que se denominaran A y E respectivamente.

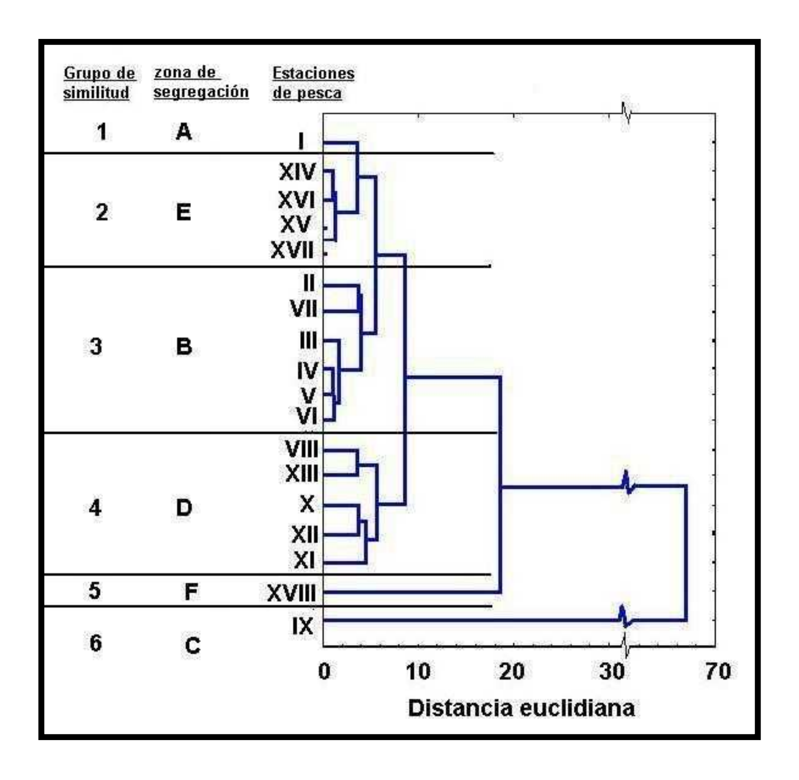
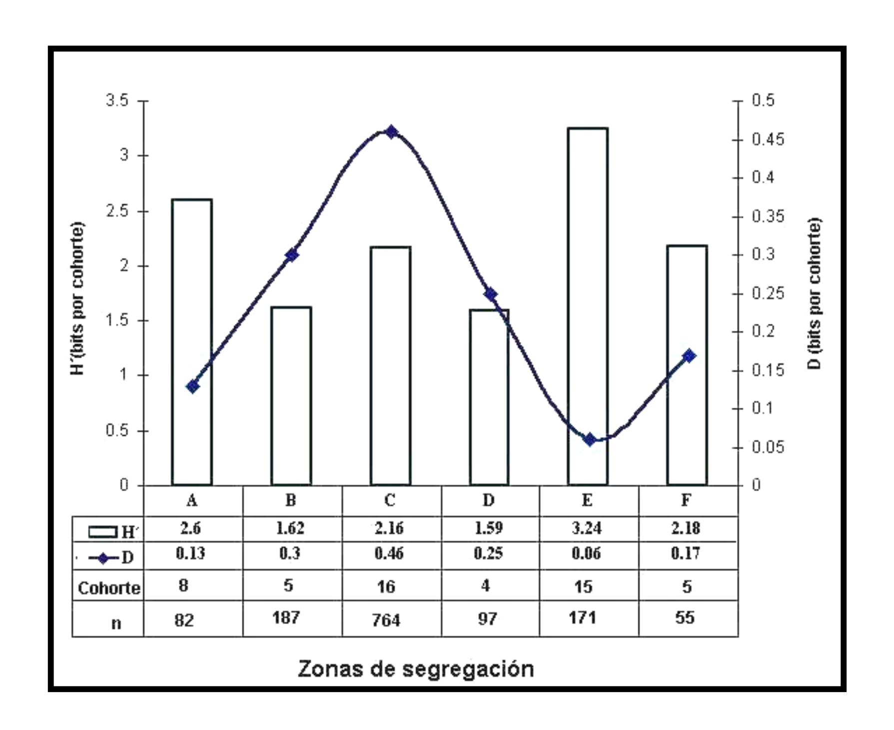


Figura 3.- Dendrográma UPGAM por medio de la distancia euclidiana para la ordenación de las estaciones de pesca espacialmente.



	A	B	C	D	E	F
H´	2.6	1.62	2.16	1.59	3.24	2.18
D	0.13	0.3	0.46	0.25	0.06	0.17
Cohorte	8	5	16	4	15	5
n	82	187	764	97	171	55

Figura 4.- Índices de diversidad y dominancia para las zonas de segregación,

La zona A es un área de alimentación para los machos adultos, determinada por la presencia de machos a profundidades de 10 a 60 m, su contenido estomacal va de los organismos demersales y arrecifales, de los que destacan las culebras (Ophictidae), cochis (Balistidae), pargos (Lutjanidae) y rayas (Urolophidae; Rhinobatidae; Torpenidae; Narcinidae; Dasyatidae) hasta los pelágicos como túnidos (Scombridae), dorados (Coryphaenidae), camarones de profundidad (*Pandalus* sp) y calamares (*Loligo gahi*), las hembras se presentan en menor número a profundidades de 40 a 100 m, y presentan como alimento organismos principalmente pelágicos, destacan cazones del género *Mustelus* y *Rhizoprionodon,* calamar gigante (*Dosidicus gigas*), camarones (*Litopanaeus vannamei*), mantas pigmeas (*Mobula*

munkiana), gavilancillos (*Aëtobatus narinari*), tecolotillos (*Rhinoptera steindachneri*) entre otros, mostrando una diferencia que se define por la profundidad y de dieta.

En la zona B y D se observa una mayor actividad en la alimentación para las crías, estas se capturan a profundidades de 5 a 30 m, todos con la inserción umbilical cicatrizada (juveniles chicos de 90 a 100 cm de Lt), diferenciándose por que en la zona B predominan los machos que se alimentan de camarones (*Litopaneus vannamei*) y calamares (*Loligo gahi*), al igual que los juveniles, los machos predominan en esta área a profundidades de 40 a 60m, mientras que en la zona D las hembras de la misma talla abundan en profundidades de 50 a 80 m.

La zona C, representa un área de crianza y expulsión de crías, esto especificado por la presencia de hembras grávidas a término, machos adultos y juveniles grandes (110 a 130 cm) alimentándose principalmente de rayas (Urolophidae, Dasyatidae, *Aëtobatus narinari, Mobula munkiana*), e incluso, de los neonatos de su propia especie, las hembras con la inserción umbilical cicatrizada se agrupan en la parte norte de la zona, principalmente al canal submarino de la Zacatosa. Lo más relevante de esta localidad es la presencia de neonatos con la inserción umbilical fresca y con el estómago repleto a profundidades de 5 a 50 m. Estos organismos, que van de los 45 a 90 cm, forman un cardumen bien definido, que se puede observar principalmente al llegar el atardecer, además, se encuentran crías con la inserción umbilical fresca de ejemplares del tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*) y del cazón lagartijo (*Rhizoprionodon longurio*) en esta área.

Las crías con la inserción cicatrizada van de la zona C a la B, siendo observados en sus movimientos horizontales al atardecer, y menormente a la zona D, aumentando la zona de refugio, que según la definición de Hamilton y Watt (1970), se centra en un área geográfica central a otras donde se llevan actividades (diurnas o nocturnas) como son la alimentación y reproducción, y que una vez terminada esta tarea se centran otra vez en la zona de refugio. Este lugar se caracteriza por ser un ambiente somero, libre de la mayoría de los depredadores naturales que el grupo pueda tener, los comportamientos en los valores de los índices de diversidad y dominancia son indicadores de la predominancia de la cohorte de neonatos y crías.

Por otro lado, es interesante observar que los movimientos que realizan los cardúmenes de mayor tamaño, de tiburones martillo, se presentan al atardecer saliendo de la zona C a la B, y los cardúmenes de menor tamaño, conformados por organismos de casi 100 cm se desplazan mar adentro. Quizá lo anterior marque el paso a zona de mayor profundidad de los preadulto, y que se refleja en las capturas de juveniles mayores de 100 cm, realizadas por los camaroneros, en el área de estudio, a más de 200m de profundidad.

La zona E se define como un área de apareamiento, durante los muestreos, fueron pocas las crías encontradas por lo que es difícil afirmar si eran o no incursiones erráticas de este componente poblacional dentro de esta zona. Las capturas se basaron principalmente en adultos que se pescaron a profundidades de 40 a 90 m. Las hembras presentaban cicatrices recientes de apareamiento. Los contenidos estomacales de los adultos de ambos sexos

constaban de fragmentos de adultos y crías de tortugas marinas (*Chelonia agassizi*), robalos (Centropomidae), pez vela (*Istiophorus platypterus*), gallos (*Nematistius pectoralis*), chiles (*Synodus* sp) y solo en las hembras se encontró como parte de sus restos alimenticios al delfín manchado (*Stenella attenuata*). Es necesario repuntar que en esta localidad se encuentra la Playa de Colola y Mexiquillo que son las mayores zonas de anidación de tortuga marina de la costa del Pacífico Central de México y que por su valor tan alto de diversidad y el más bajo en dominancia, muestra una zona de congregación de cohortes, mismas que se reúnen para la reproducción.

La zona F es considerada como un área de mayor actividad para la alimentación de tiburones hembras de gran tamaño, esta zona se encuentra representada por cinco cohortes de hembras adultas que en estado madurez sexual III, sus contenidos estomacales contaban con presas pelágicas camarones de profundidad (*Pandalus* sp), calamares (*Loligo gahi*) y calamares gigantes (*Dosidicus gigas*)

ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Para los machos la correlación de Spearman entre la longitud del mixopterigio (Mxp) y la longitud total de los machos (Lt) presenta un valor de $R^2 = 0.98$, una $P<0.0001$ y $T=54.4$

La tendencia se da por la función: $Mxp = 0.000644 * Lt^{1.88}$

De acuerdo con la función se espera que la madurez se alcance a una talla relativamente pequeña en comparación al máximo observado. Los estadios de madurez se presentan en el

gráfico de la función anterior (Fig. 5). El inicio de la dispersión de datos, observado en la longitud del mixopterígio, parece coincidir con la talla de primera madurez sexual (170 cm; 3.6 años) marcada por un estadio IV de madurez, que aun con la falta de tallas de 100 a 150 cm de longitud total, puede ser tomada como verosímil para esta población en particular.

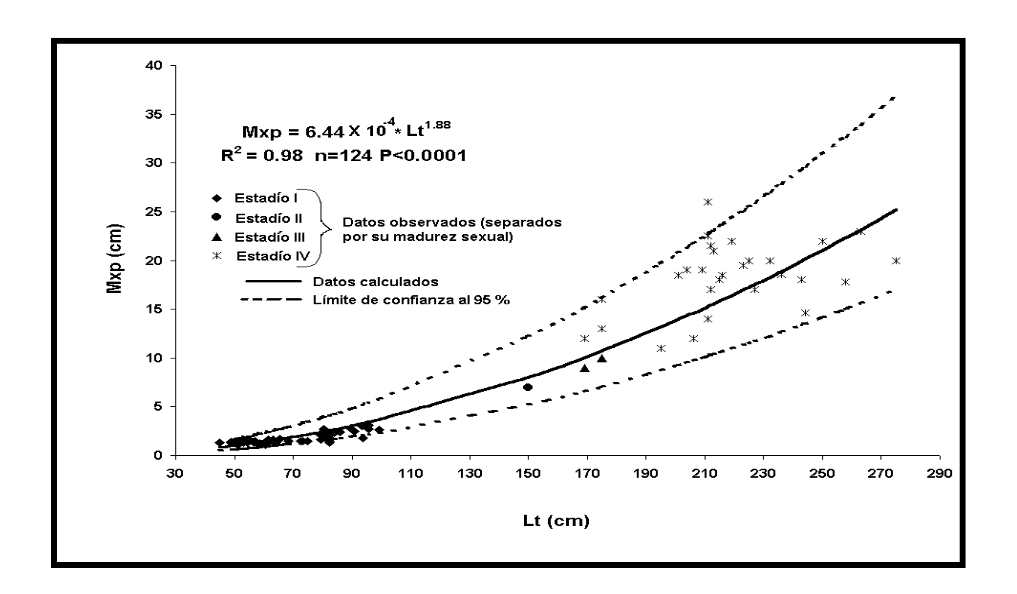


Figura 5. - Relación de la longitud del mixopterigio (Mxp) con la longitud total del macho (Lt).

Por otro lado la proporción sexual (Px) de los machos en relación con la longitud total (Lt) presentaron los modelos siguientes: (Figura 6): Px = 1/(1 + 5499.43 exp(-0.049Lt))

R^2 = 0.8; T= 14.8 con $P_{50\%}$ = 175 cm con 3.8 años.

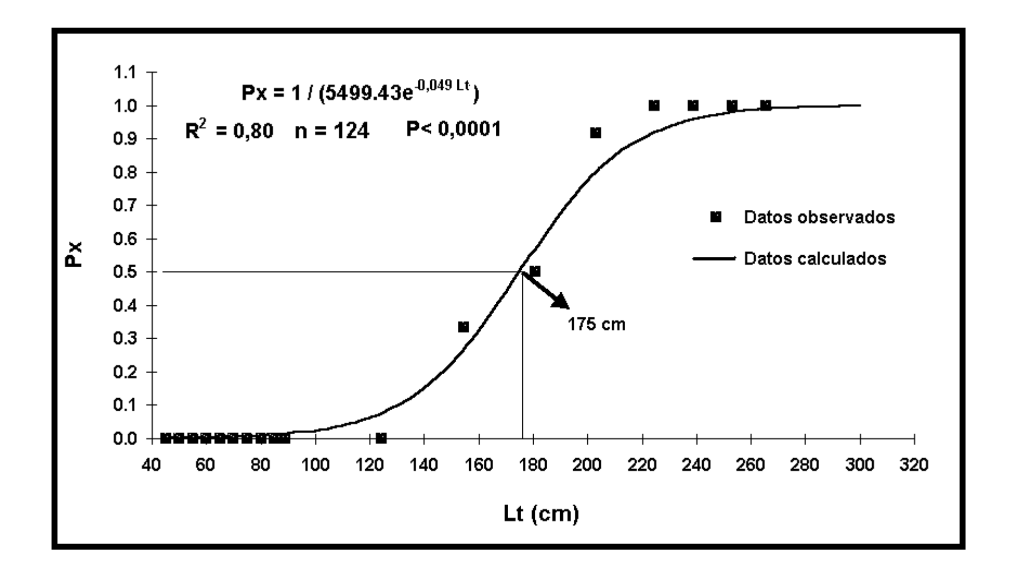


Figura 6. - Proporciones de la población madura sexualmente de machos, las marcas de coordenadas en ambas gráficas señalan el 50% de la población madura

La diferencia entre las tallas de primera madurez y de la proporción de machos maduros al 50% poblacional no es significativas (P>0.001), lo que indirectamente representa un aceleramiento de la madurez sexual, quizá debido a un mecanismo de autorregulación del tamaño poblacional frente a la explotación o que se trate de una población precoz.

Por otro lado para las hembras, la distribución de los estadios de madurez sexual por tallas (Figura 7) muestra que las hembras con embriones se presentan en tallas de 190 cm a una edad de 4.4 años, mientras que a partir de las longitudes de 223 cm (seis años de edad) en adelante, se encontraron marcas “viejas” de apareamiento, es decir, en las cicatrices más fibrosas se observaban interrupciones hechas por marcas recientes.

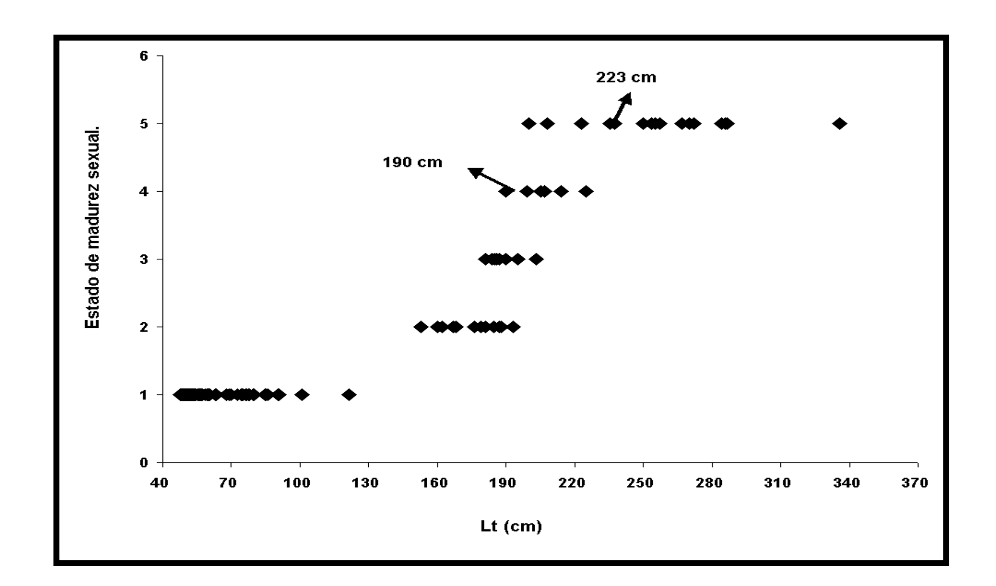


Figura 7 - Distribución de los estados de madurez sexual en las longitudes totales (Lt) de las hembras del tiburón martillo, la talla de 223 cm señala la presencia de marcas "viejas" de apareamiento.

La edad óptima estimada solo para las hembras fue de 224.6 cm a una edad de 6.12 años que propone un 90 % de sobrevivencia de los embriones. En los análisis demográficos se usó como edad de madurez sexual el óptimo derivado por el modelo de Jensen (1996*)* redondeado a seis años.

La función que correlaciona la proporción sexual (Px) de las hembras en relación con la longitud total (Lt) presentó los modelos siguientes: (Figura 8) Px = 1/(1 210711403.8 exp(-0.092*Lt))

$R^2 = 0.99$; T = 55.3 con $P_{50\%}$ = 209 cm. con 4.8 años

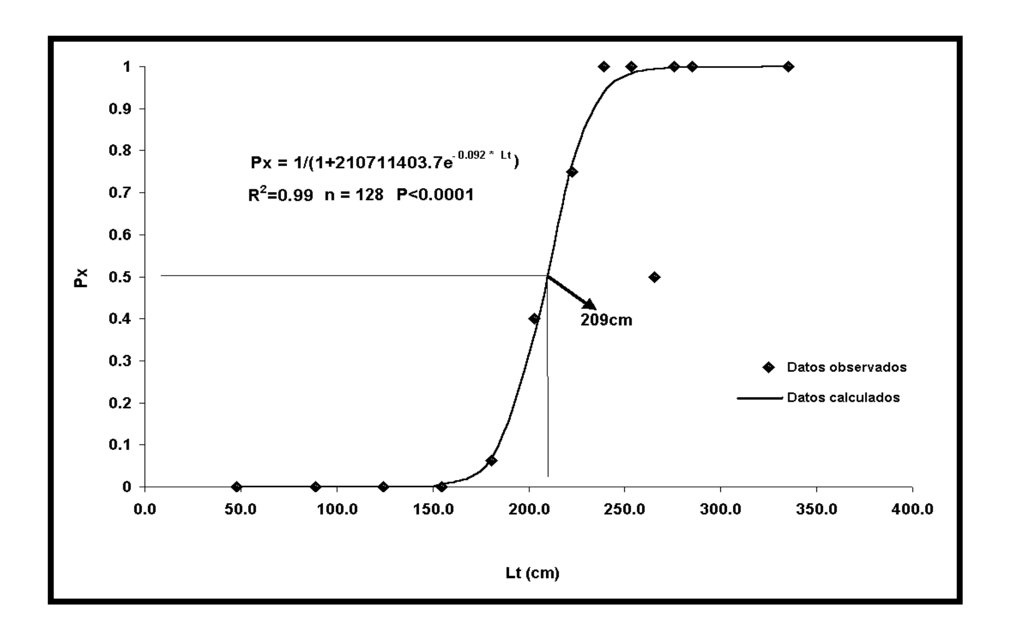


Figura 8 - Proporciones de la población madura sexualmente de hembras, las marcas de coordenadas en ambas gráficas señalan el 50% de la población madura.

Al igual que los machos, las hembras no presentan diferencia significativa (P> 0.001) en cuanto a la talla de primera madurez y la talla a la que el 50% de la población madura, que comparadas con la talla óptima de madurez sexual (224.6 cm, 6.1 años) presentan diferencias significativas (P<0.0001). Por otro lado de acuerdo a las categorías de madurez sexual propuestas por Juong y Chen (1995) estas son: 1) Madurez temprana Lm/Lmáx < 0.65; 2) Madurez estándar 0.65 < Lm/Lmáx <0.8 y 3) Madurez tardía Lm/Lmáx <0.8. El presente trabajo muestra una población de tiburones martillos (*Sphyrna lewini*) con una madurez temprana (Lm/Lmáx=0.558), planteando la hipótesis de una madurez sexual precoz como respuesta de regulación del tamaño poblacional a la presión pesquera.

Por otro lado, la fecundidad de las hembras, expresada en la relación de número de embriones con respecto a la longitud total de la madre(Lt), se presentó con una tendencia lineal siendo un mayor número de embriones hembras que de embriones machos. La regresión para el total de embriones totales (ET.) contra la longitud total (Lt) Fue la siguiente (Figura 9)

Modelo: ET = -11.524 + 0.166 Lt: R^2 = 0.82; T= 14.2

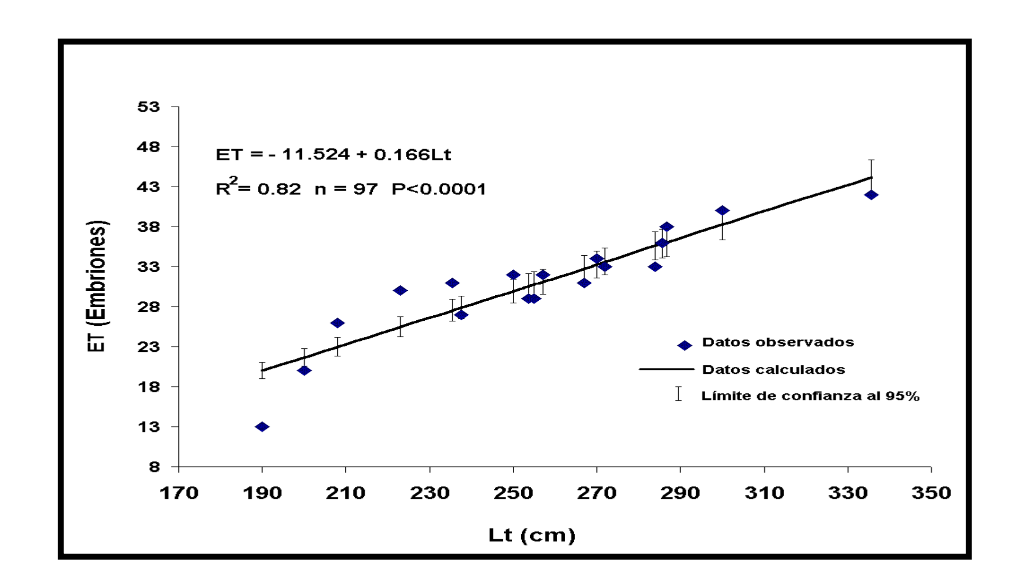


Figura 9. - Relación de la fecundidad en número de embriones totales (ET) por la longitud total de la madre (Lt).

A partir de un total de 97 hembras grávidas (190 a 335.6 cm de Lt) se encontró un mínimo de 13 y un máximo de 42 embriones en total, con un promedio de 30. Solo en 45 hembras grávidas (190 a 335.6 cm de Lt) se logró sexar a sus embriones, encontrando un promedio 14 embriones machos y 16 embriones hembras. Como una generalidad la proporción sexual en los embriones hembras/machos hallada fue de 1.2: 1

La relación de los embriones, por sexo separado, con respecto a la longitud de las madres fueron las siguientes:

Embriones hembras (E H) contra longitud total (Lt) (Figura 10)

Modelo: EH. = -0.994 + 0.071 Lt R^2 = 0.68; T = 9.1

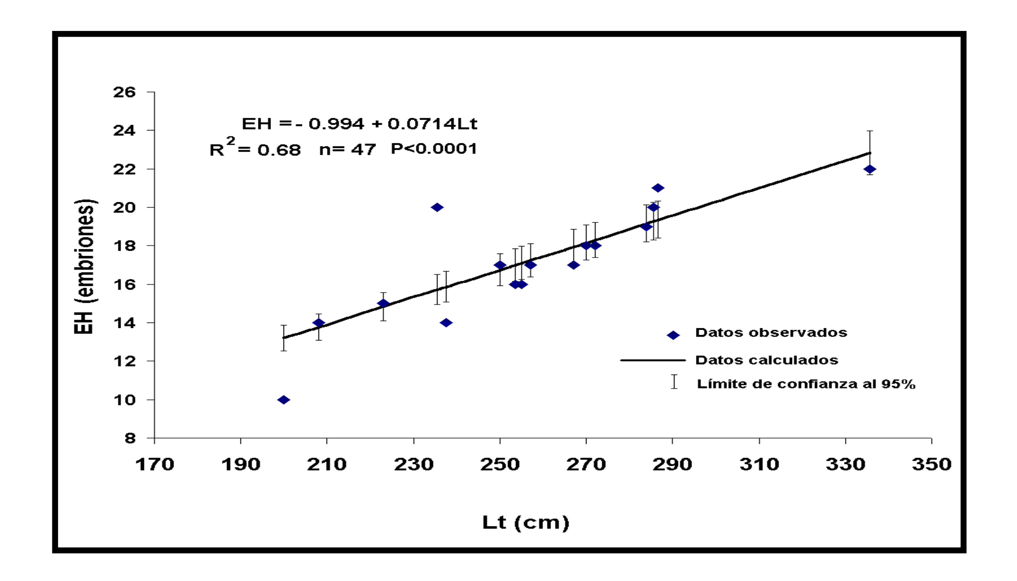


Figura 10. - Relación de la fecundidad en número de embriones hembra (EH) por la longitud total de la madre (Lt).

Embriones machos (E M) contra la longitud total (Lt) (Figura 11)

Modelo: E.M = 0.6811 + 0.057 Lt: R^2 =0.656; T= 8.4

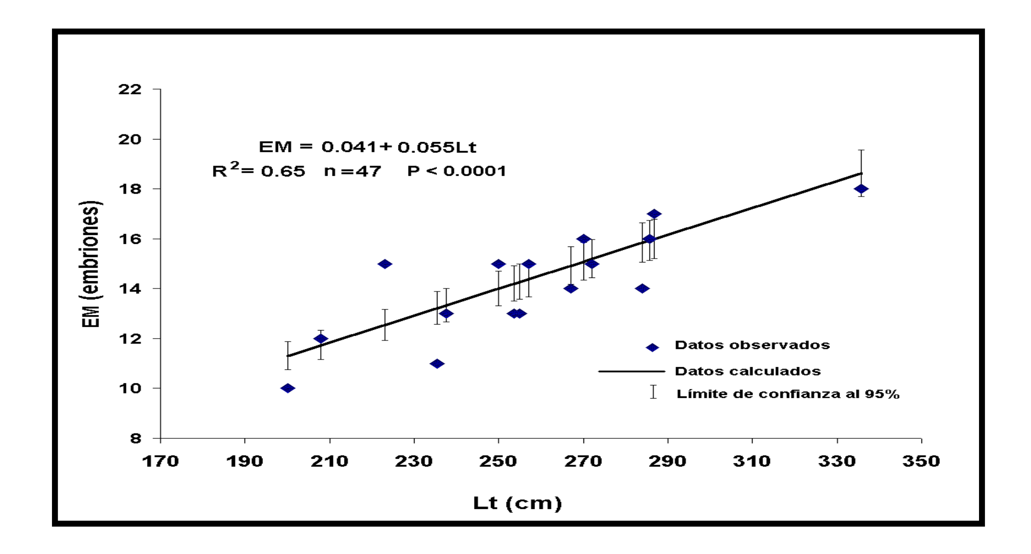


Figura 11- Relación de la fecundidad en número de embriones machos (EM) por la longitud total de la madre (Lt).

Debido a la lentitud del incremento en número de embriones respecto a la longitud de la madre, se considera que el promedio de crías expulsadas en el parto es de 30, 14 machos y 16 hembras, el promedio de crías hembras mencionado fue utilizado para el análisis demográfico.

El periodo de gestación estimado fue de diez meses, ya que se presentan hembras preñadas *a termino* a principios de abril y mediados de julio, los neonatos se presentan con la inserción umbilical abierta a mediados de julio y aun con esta inserción visible a finales de agosto, mientras que de julio a agosto se capturaron adultos con señales de apareamiento.

Es importante señalar que de septiembre a diciembre se capturan juveniles de no más de 110 cm de longitud total, y de enero a finales de marzo estas capturas son esporádicas, excepto los juveniles de 110 a 160 cm que son pescados como fauna de acompañamiento del camarón a profundidades mayores de 200 cm (Figura 12).

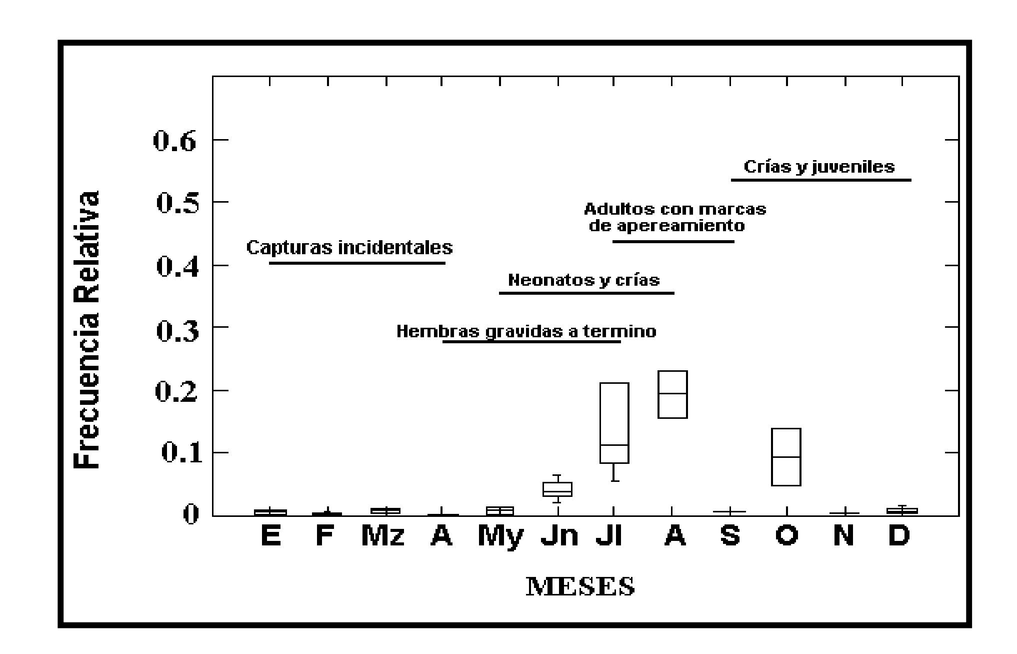


Figura 12. - Meses de importancia reproductiva de acuerdo a las cohortes capturadas.

En los picos de abundancia de las capturas realizadas a través de los años de captura, se observa que las frecuencias relativas del total acumulado presentan ciclos de arrivamiento masivo trianuales (Figura 13).

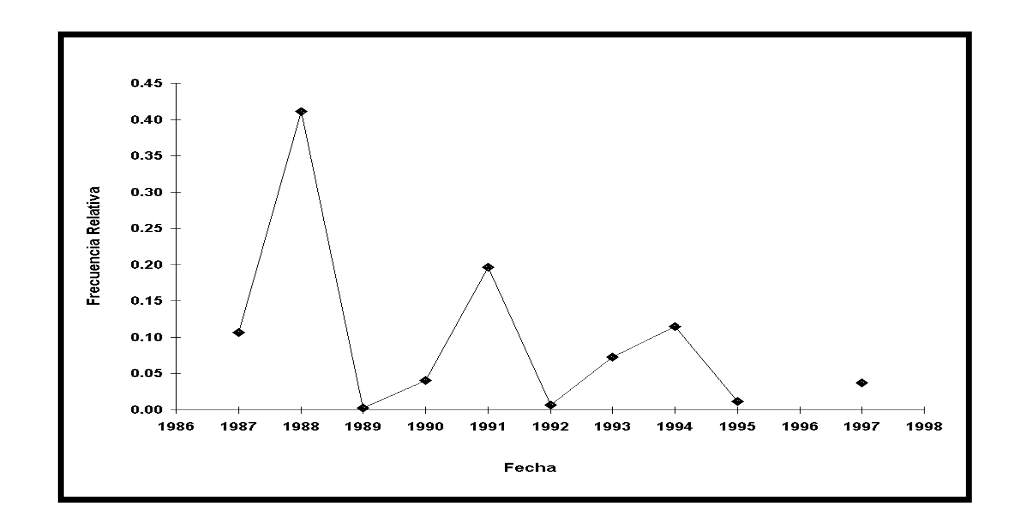


Figura 13. - Epocas de arrivamientos masivos a la costa, observados indirectamente en las capturas.

La existencia de los ciclos masivos puede ser explicado por lo siguiente: De acuerdo con Chen *et al,* (1988) si el periodo de ovulación de la especies es de diez meses, sumado al tiempo de gestación encontrado en este trabajo, que es de diez meses, se tienen 20 meses y de acuerdo con lo encontrado por Wooton (1979), en peces óseos, sobre la necesidad de un periodo de descanso gonádico (después de la liberación de gamétas, huevos o crías) muy similar al tiempo de gestación, se acumulan casi tres años que representan al periodo en que aparecen los ciclos masivos de arrivamineto.

ASPECTOS TRÓFICOS

Las presas encontradas en los restos alimenticios de los tiburones martillo fueron organismos de 71 taxa distribuidos en 8 clases; 21 ordenes y 47 familias (Tabla 3, Figura 14). Los grupos

de edad – sexo se compararon por medio de un ANDEVA de dos criterios y dos colas encontrando una diferencia significativa al nivel 95%, con una F = 4.93 y una P>2.41.

Tabla 3.- IPA por especies en cada cohorte de edad – sexo para el tiburón martillo. [1] Demersal de aguas someras; [2] Demersal de aguas profundas; [3] Pelágico Costero; [4] Pelágico, [5] Resto alimenticio incidental

Resto alimenticio	Crías 45-60 cm n = 66	Hembras 80-110 cm, n = 15	Machos 80-110 cm ,n = 18	Hembras 110-160 cm, n = 10	Machos 110-160 cm, n = 7	Hembras adultas n = 25	Machos adultos n = 15
Ruppia maritima[5].	3.8	0	0	0	0	0	0
Rhizophora mangle[5]	0.6	0	0	0	0	0	0
Thalassia hemprichii[5]	0	3.6	4.9	0	0	0	0
Loligo gahi[3]	1.3	6.	6.4	7.9	8.4	4.2	4.7
Dosidicus gigas[3]	0	0	0	0	0	4.9	3.6
Octopus macropis[1]	3.2	0	0	0	0	0	0.9
Argonauta argo[3]	0	0	0	5.2	4.2	0	0
Squilla bigelowi[2]	2.1	1	2.9	0	0	0	0
Litopaneus vannamei[1]	2.4	5.3	5.3	0	8.6	0	0
Pandalus sp.[2]	13.3	4.1	4.4	0	0	0	0
Evibacus princeps[2]	0	0.	0	5.2	4.2	2.6	0

Tabla 3.- Continuación...

Resto alimenticio	Crías 45 - 60 cm, n = 66	Hembras 80 - 110 cm, n =15	Machos 80 - 110 cm, n = 18	Hembras 110 - 160 cm, n = 10	Machos 110 - 160 cm, n = 7	Hembras adultas, n = 25	Machos adultos, n =15
Pandalus sp.[2]	13.3	4.1	4.4	0	0	0	0
Puerulos de langosta[1]	0	0.	0	8.5	6.8	0	0
Panilurus gracilis[1]	0	0	0	0	0	0.9	2.5
Emerita emerita[1]	2.7	0	0	0	0	0	0
Arenarius mexicanus[1]	1.6	4	5	0	0	0	0
salpas[4]	1.5	3.6	2.2	0	0	0	0
Mustelus sp.[1]	0	0	0	2.4	0	1.6	0
Rhizoprion-odon longurio[1]	0	0	0	0	0	3.4	1.2
Sphyrna lewini[1]	0	0	0	11.7	6.3	0.8	1.4
Rhinobatos glaucostig ma[1]	0	4.4	4.9	0	3.9	6.9	2.7
Dasyatis sp.[1]	0	0	0	5.2	0	6.8	6.9
Urotrygon nana[1]	10.9	3.9	4	8.5	4.2	7.3	10.3

Tabla 3.- Continuación...

Resto alimenticio	Crías 45 - 60 cm, n = 66	Hembras 80 - 110 cm, n=15	Machos 80 - 110 cm, n = 18	Hembras 110 - 160 cm, n = 10	Machos 110 - 160 cm, n = 7	Hembras adultas, n = 25	Machos adultos, n =15
Engraulidae[1]	1.4	3.5	4.3	0	0	0	0
Harengula thrissina[4]	2.3	0	0	0	0	0	0
Ophistonema spp[4]	2.3	3.9	0	0	3.6	0	0
Ariidae[1]	0	4.5	0	4.8	0	5.6	0
Synodus sp.[1]	0	0	0	0	0	3.1	0
Brotula clarke[2]	0	0	0	10.3	7.6	0	0
Porichthys margaritus[2]	0	0	0	6.5	4.6	0	0
Carangoides otrynter[4]	0	0	0	0	0	0	6.9
Mugilidae[1]	5.2	0	1.5	0	0	0	0
Sargocentron suborbitalis[1]	3.6	0	0	0	0	0	0
Pontinus sierra[1]	0	2.5	0	5.2	0	1.9	0.9
Bellator sp[2].	2.3	0	0	0	0	0	0
Prionotus sp.[2]	0	3.6	0	0	0	0	0
Centropomus sp.[1]	0	2.3	2.3	0	0	0	0.8
Caranx caballus[1]	0	3.2	4.3	0	6	2.2	
Caranx caninus[3]	0	4.6	5.5	0	5.4	2.4	

Tabla 3.- Continuación...

Resto alimenticio	Crías 45 - 60 cm, n= 66	Hembras 80 - 110 cm, n =15	Machos 80 - 110 cm, n = 18	Hembras 110 - 160 cm, n = 10	Machos 110 - 160 cm, n = 7	Hembras adultas, n = 25	Machos adultos, n =15
Selar crumen-opthalmus[3]	1.2	4.8	5	0	0	3.1	1.3
Selene sp[1].	0	0	0	0	0	0	1.5
Hoplopagrus güntheri[1]	1.2	0	0	0	0	0	0
Lutjanus spp.[1]	0.6	4.8	0	7.5	6.8	3.3	5.2
Lobotes pacificus[1]	0	2.7	7.1	0	0	0	0
Anisotremus spp[1]	0	1.2	2.5	0	0	0	0
Polydactylus spp[1]	3.7	4.3	5.9	0	0	0	3.4
Cynoscion sp[1]	0	0	0	0	0	2.9	0
Larimus spp[1]	0	1.8	2.9	0	0	0	0
Menticirrhus spp[1]	0	3.3	4.1	0	0	0	0
Umbrina sp.[1]	5.9	2.3	0	0	0	0	0
Bodianus diplotaenia[1]	6.5	0	0	0	0	0	1.8
Scarus perrico[1]	1.6	1.9	0	0	0	0	2.7
Sphyraena ensis[1]	0	0	0	0	4.2	0	0

Tabla 3.- Continuación...

Resto alimenticio	Crías 45 - 60 cm, n= 66	Hembras 80 - 110 cm, n =15	Machos 80 - 110 cm, n = 18	Hembras 110 - 160 cm, n = 10	Machos 110 - 160 cm, n = 7	Hembras adultas, n = 25	Machos adultos, n =15
Scomberomorus sierra[3]	0	0	0	0	4.4	2.6	2.3
Euthynnus linneatus[3]	0	0	0	0	0	0	8.2
Katsuwonus pelamis[3]	0	0	0	0	0	5.6	5.9
Istiophorus platypterus[3]	0	0	0	0	0	1	0
Bothidae[1]	0	0	0	0	0	3.5	0
Paralichthydae[1]	0	0	0	0	0	5.3	0
Sufflamen verres[1]	0	0	0	0	0	0	0.8
Miscelánea de peces	18.6	5.3	9.1	5.6	10.7	0	0
Chelonia agassizi	0	0	0	0	0	1.2	0.9
Stenella attenuata	0	0	0	0	0	1.6	0

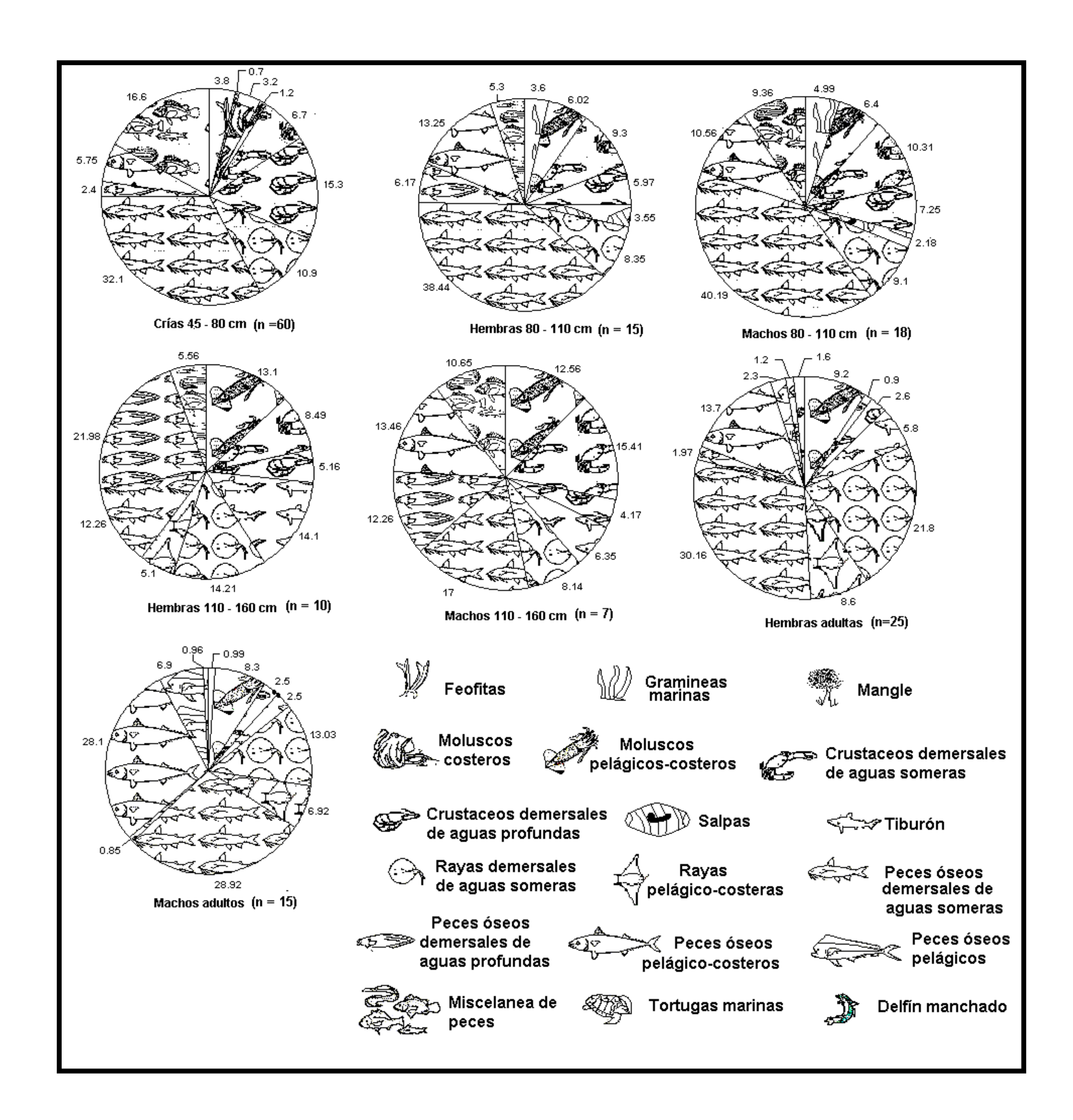


Figura 14.- Indices de Probabilidad Alimenticia (IPA) para cada cohorte de talla-edad del tiburón martillo.

La matriz de similitud por el Indice de Jaccard (Tabla 4) demuestra una afinidad trófica media (33.3 a 35.9) entre las crías y los juveniles (80 a 110 cm), dentro de estos últimos y de acuerdo a las categorías propuestas en este trabajo, ambos sexos muestran una afinidad alta (59.4), una afinidad media (45.5) se presenta en los subadultos de ambos sexos(110 a 160 cm), este comportamiento no puede definirse como una generalidad debido a la poca captura de estas cohortes. La similitud trófica media (38.09) observada en los adultos puede ser debida a que confluyen en la misma área de alimentación durante las fechas de apareamiento.

Tabla 4.- Matriz de similitud de Jaccard para las presas del tiburón martillo

	Crías 45-60 cm	Hembras 80-110 cm	Machos 80-110 cm	Hembras 110-160 cm	Machos 110-160 cm	Hembras adultas	Macho adultos
Crías 45 60 cm	------						
Hembras 80-110 cm	35.9	-------					
Machos 80-110 cm	33.3	59.37	---------				
Hembras 110-160 cm	11.1	16.23	8.57	---------			
Machos 110-160 cm	16.6	25	21.21	45.46	--------		
Hembras adultas	7.8	20.83	12.77	25	23.68	-------	
Machos adultos	7.8	27.27	18.61	16.22	21.62	38.09	---------

Sin ser una evidencia robusta, debido a lo escaso de su presencia en la dieta de las crías, además de ser consumido de manera incidental, se puede tomar a las plantas como

indicadores indirectos de que tan cerca de la costa están las áreas de alimentación de los neonatos y crías.

Los movimientos para alimentarse fuera de los refugios, se ven reflejados en la abundancia de cefalópodos y crustáceos pelágico- costeros. Por otro lado en los casos de los especímenes que no salen de las áreas de refugio, existe el canibalismo ejercido por juveniles y adultos que incursionan dentro del área de refugio

Las grandes diferencias encontradas para los machos y hembras adultas se dan por la presencia de moluscos, una mayor cantidad de crustáceos costeros en los machos y la ausencia de crustáceos pelágico-costeros en los machos, y de un comportamiento contrario en las hembras. La presencia de una mayor cantidad de peces óseos pelágicos y pelágico costeros muestra de manera indirecta un desplazamiento de los machos a las zonas pelágicas para alimentarse, pero la ausencia de los invertebrados costeros en las hembras refuerza la tesis de que las hembras adultas son más pelágicas que los machos, sin embargo, el encontrar restos alimenticios de organismos costeros se debe al arrivamiento a las zonas de apareamiento donde también deben de alimentarse.

El presente trabajo es uno de los primeros registros de la depredación realizado por el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) a crías de tortuga negra (*Chelonia agassizi*) de 10 cm de longitud de caparazón y trozos de 15 cm de tortugas de 70 cm de longitud de caparazón.

En este caso discernir sobre ataque directo o carroñeo sobres el delfín manchado (*Stenella attenuata*) no es fácil de establecer, ya que aun cuando los trozos del encontrados pertenecen a la región dorso-anterior y de los flancos de individuos jóvenes (mayores 190 cm de Lt) y que estas regiones del cuerpo son las principales partes que los sphyrnidos desprenden de sus presas, la validación tiene que ser por observación directa o por un tamaño de muestra mayor.

Este organismo es un ictiófago con una marcada diferencia en la afinidad por las presas demersales entre machos y hembras, incluso las hembras llegan a consumir delfines (*Stenella attenuata*).

Por otro lado, las especies determinadas como depredadores de neonatos y crías de tiburón martillo fueron principalmente otros tiburones (Tabla 5 y Figura 15) donde destaca por su incidencia la misma especie y el tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*), y como un caso de importancia el pez óseo conocido como pargo colmillón (*Lutjanus novemfasciatus*), mientras que por su gran tamaño, el tiburón negro (*Carcharhinus obscurus*) y la tintorera (*Galeocerdo cuvieri*) pueden atacar sphyrnas de 100 cm.

La incidencia de las regiones desprendidas del cuerpo de la presa pueden dar la información de la forma del ataque. Por un lado se observa que dentro del canibalismo ejercido sobre las crías y neonatos, la tendencia es golpear dorsalmente la parte anterior, y pivotar para arrancar la parte prepectoral, ya que de otra manera una arremetida directa a esta región provocaría que la presa pudiera convertirse en un agresor.

La preferencia por las regiones abdominales y prepectorales encontradas en los tiburones: sedoso (*C. falciformis*), negro (*C. obscurus*) y volador (*C. limbatus*), muestran que la depredación se realiza sobre los cardúmenes en su migración nocturna, mientras que, la alta ocurrencia de la región interdorsal en los contenidos estomacales del tiburón coyotillo (*Nasolamia velox*) y del pargo colmillón (*Lutjanus novemfasciatus*) permite inferir que el ataque acontece durante el día en la zona de crianza. La agresividad, inherente al tamaño, de la tintorera (*Galeocerdo cuvieri*) se hace evidente al haber encontrado un tiburón martillo de casi 100 cm de longitud completo en el contenido estomacal de un ejemplar de 340 cm de talla.

Tabla 5.- IPA de la afinidad a regiones corporales desprendidas por los depredadores del tiburón martillo.

Especie	*Sphyrna lewini*	*Carcharhinus falciformis*	*Carcharhinus obscurus*	*Galeocerdo cuvieri*	*Carcharhinus limbatus*	*Nasolamia velox*	*Lutjanus novemfasciatus*
Tamaño de muestra	12	3	4	2	28	8	25
Talla del depredador (cm)	120 a 280	135	180 a 220	210 y 340	130-160	90	90-140
Talla de la presa (cm)	45 a 80	45 a 80	45 a 100	100	45 a 60	45 a 60	45 a 60
Prepectoral	77.8	17	25	0	56.65	0	13.3
Interdorsal	6.9	16.7	25	0	12.5	50	57.3
Abdominal	11.1	50	50	0	20.8	37.5	18
Prepectoral interdorsal	0	0	0	0	0	12.5	0
Prepectoral -abdominal	0	0	0	50	0	0	0
Caudal	4.2	16.7	0	0	10.1	0	11.3
Entero	0	0	0	50	0	0	0

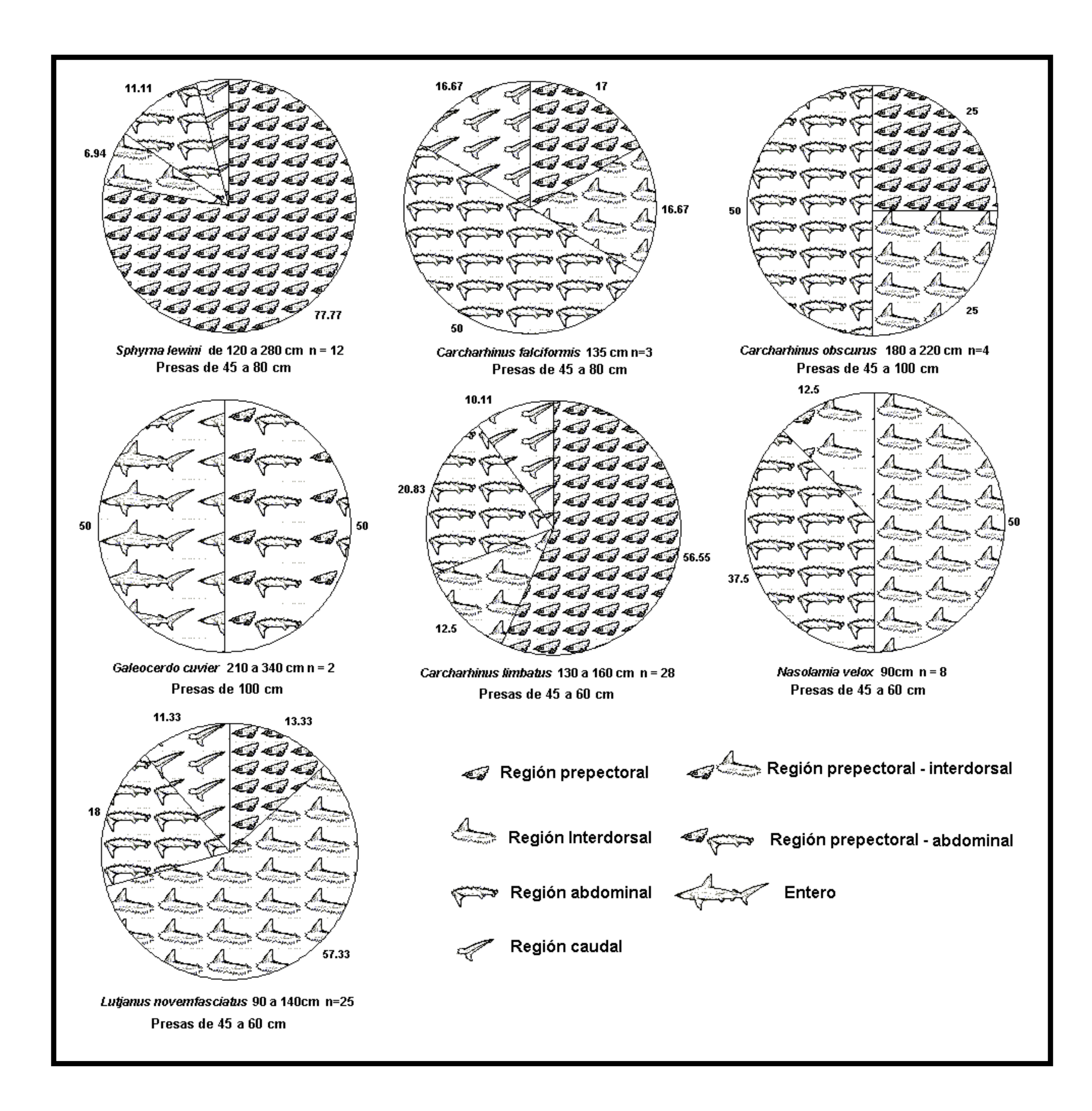


Figura 15.- Indices de Probabilidad Alimenticia (IPA), derivada para cada región del cuerpo del tiburón martillo que se encontró en sus diferentes depredadores.

RELACIÓN ENTRE EL TIBURÓN MARTILLO Y LA ICTIOFAUNA ACOMPAÑANTE.

Se encontraron 50 especies de peces (23 demersales; y 27 pelágicos –costeros) integrados a una matriz de abundancia durante las capturas de 1993 a 1998, se excluyeron por su baja incidencia a la tintorera (*Galeocerdo cuvieri*) y al tiburón chato (*Carcharhinus leucas*). En la figura 16 se muestra el dendrográma de afinidad en el cual se denotan 4 grupos.

El primer grupo (A) contiene en su mayoría a consumidores de tercer orden, dentro del cual destaca el mismo tiburón martillo, sus principales presas y depredadores, otra característica de este conjunto es que las especies de este conjunto presentan sus picos de reproducción en el verano por ejemplo: el cazón lagartijo (*Rhizoprionodon longurio*) y el tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*) pare a sus crías aproximadamente al mismo tiempo que el tiburón martillo, mientras que peces como el pargo colmillón (*Lutjanus novemfasciatus*), la cabrilla (*Epinephelus analogus*) y el robalito (*Centropomus robalito*) presentan su ciclo de reproducción en las cercanías del Río Nexpa.

El segundo grupo (B) es quizá el más heterogéneo, sus integrantes se capturaron en abundancia durante el invierno de 1996 y el verano de 1997, en la entrada y clímax de fenómeno del Niño de 1997. Estos picos en su abundancia pueden ser debidos a al ser consumidores primarios y secundarios realizan movimientos de agregación a los lugares cercanos a los aportes de agua continental, donde se puede encontrar nutrientes que sustituyan a los habituales.

En el tercer grupo C, se conforma principalmente por lutjanidos y otras especies que tienen 2 picos reproductivos anuales, eventos que aumentan la captura durante los meses de abril a mediados de julio y de octubre a mediados de enero, compartiendo la primera temporada con la época de parto del tiburón martillo. Cabe destacar que el pargo flamenco (*Lutjanus guttatus*) es la especie de mayor importancia comercial y su pesca se realiza principalmente con línea de mano, pero cuando se captura con red de 3.5" de luz de malla la captura incidental del tiburón martillo ocupa hasta un 60% de la biomasa.

El cuarto grupo (D) aparenta ser el más diverso, y acumula a consumidores secundarios que además de ser la dieta del tiburón martillo, se caracterizan por tener una época reproductiva en el invierno como la guitarra (*Rhinobatus glaucostigma*), la boca de novia amarilla y blanca (*Larimus argenteus* y *L. effulgens*, respectivamente), el jurel (*Caranx caninus*), el cocinero (*Caranx caballus*), la palometa (*Trachinotus kennedyi*) y la sierra (*Scomberomorus sierra*) por citar algunos, otra peculiaridad de este ensamble es el estar conformado en casi su totalidad de especies eurhialinas de aguas someras.

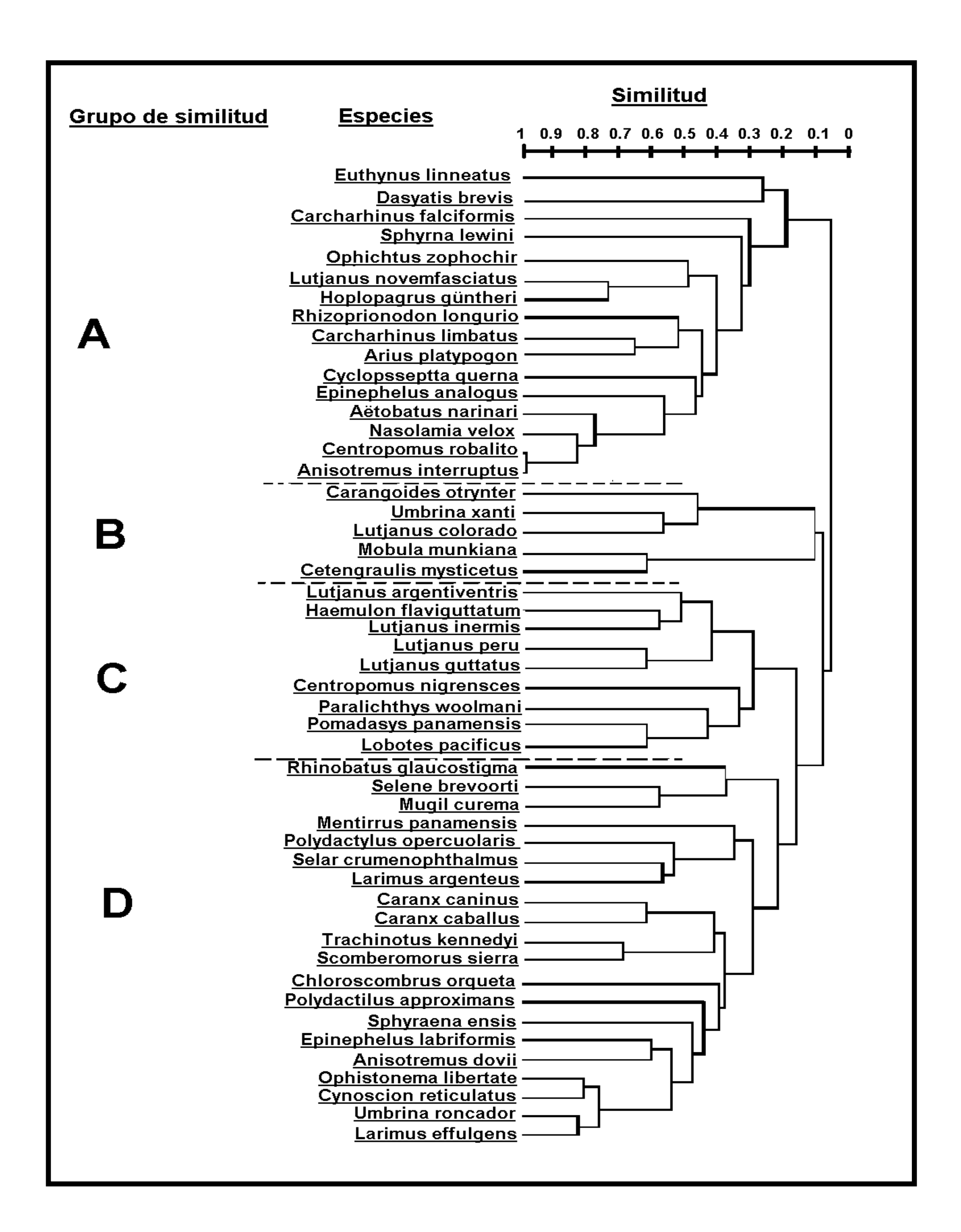


Figura 16.- Dendrográma del análisis de acumulación de grupos (Cluster UPGAM) para las especies acompañantes en la pesca.

PESQUERÍA

Por las grandes diferencias en métodos y artes de pesca dentro de este trabajo se encontró que la pesca artesanal de la costa michoacana operacionalmente se encuentra dividida en dos tipos:

Pesca en aguas someras.- Definida así para el presente trabajo, se dirige a peces denominados "de plato" por su tamaño y a aquellos de carne blanca que se pueden filetear. En esta pesquería los tiburones y otros organismos que alcanzan grandes tallas, son capturados accidentalmente, aunque es aquí donde se captura una parte importante de las crías y juveniles de tiburón (cazones). La captura se realiza a distancias de hasta 2.5 millas náuticas de la línea de costa, con redes de 3 a 8" de luz de malla y palangres pargueros de 100 a 200 anzuelos tipo Mustad del número 12/0. Esta practica es la más generalizada cerca de los deltas de ríos, corralones, ensenadas y esteros, la mayoría de los pescadores toman esta actividad como un trabajo eventual, o son de "nuevo" ingreso a ella.

Pesca de rendimiento.- Definida así por los mismos pescadores que la realizan, tiene como objetivo capturar ejemplares de gran tamaño. Esta operación es llevada acabo a distancias que van de las 3 a 7 millas náuticas de la línea de costa, con redes de luz de malla mayor a las 8" y cimbras de 200 a 300 anzuelos atuneros tipo japonés del número 3.8, la tendida de los artes de pesca se hacen sobre los corredores submarinos y cerca de bajos, la ubicación de los puntos de captura se realiza con brújula y en algunos casos con geoposicionadores por satélite.

Lo anterior fue utilizado para las simulaciones de los análisis pesqueros posteriores.

RELACIONES BIOMÉTRICAS

En la búsqueda de tener un parámetro de recuperación de los datos de organismos que son descargados eviscerados en la playa, se obtuvieron los modelos que correlacionan a la longitud total con las dos principales tallas usadas en los análisis pesqueros. Sin embargo, la mayor parte de los tiburones con tallas por arriba de los 130 cm son desembarcados sin cabeza y sin aletas, lo que hace inoperante el uso de la longitud furcal y precaudal para la recuperación de datos. Mientras que la longitud artificial usada (Longitud interdorso-precaudal) al mostrar una correlación alta con la longitud total puede darnos la herramienta ideal para la recuperación de las biometrías de los tiburones eviscerados. Las regresiones obtenidas son las siguientes:

Correlación de la Longitud furcal (Lf) *vs.* longitud total (Lt) (Figura 17):

Modelo: $Lf = 0.589 + 0.771Lt$; $R^2 = 0.997$; $T = 16.1$ y $P<0.0001$.

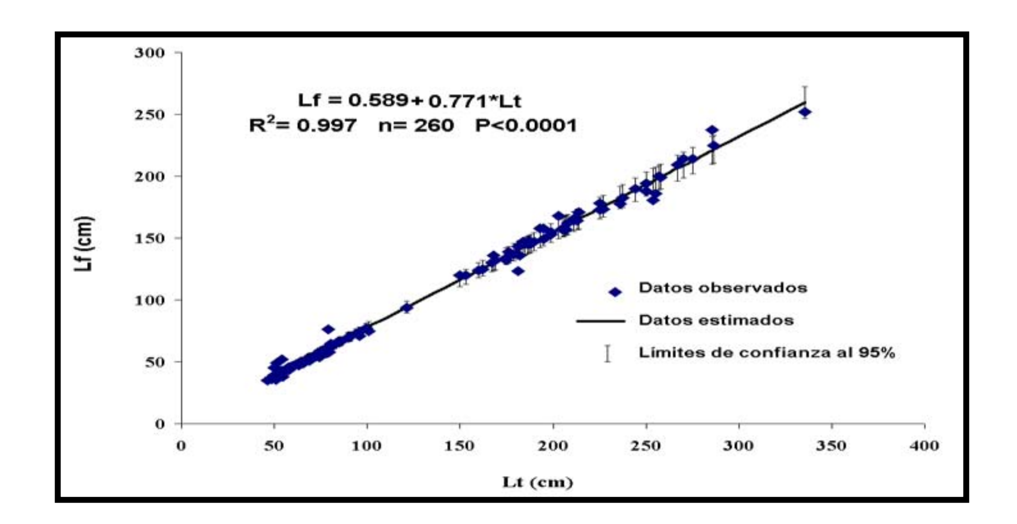


Figura 17.- Regresión lineal de la correlación de la longitud furcal (Lf) con la longitud total (Lt).

Correlación de la Longitud precaudal (Lp) *vs* longitud total (Lt) (Figura 18).

Modelo: Lp = 0.076 + 0.71*Lt; $R^2 = 0.997$; T = 13.3 y $P<0.0001$.

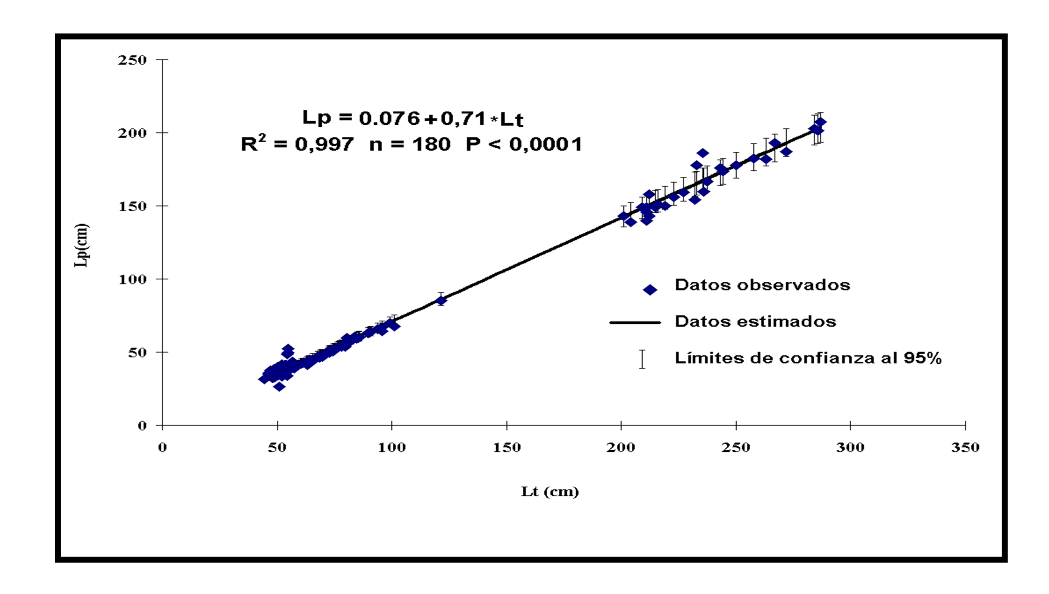


Figura 18.- Regresión lineal de la correlación de la longitud precaudal (Lp) con respecto a la longitud total (Lt).

Correlación de la Longitud interdorso-precaudal (L d-pc) *vs.* longitud total (Lt) (Figura 19):

Modelo: L d-pc = –0.779 + 0.447Lt; R^2 = 0.997; T = 13.3 y P<0.00001.

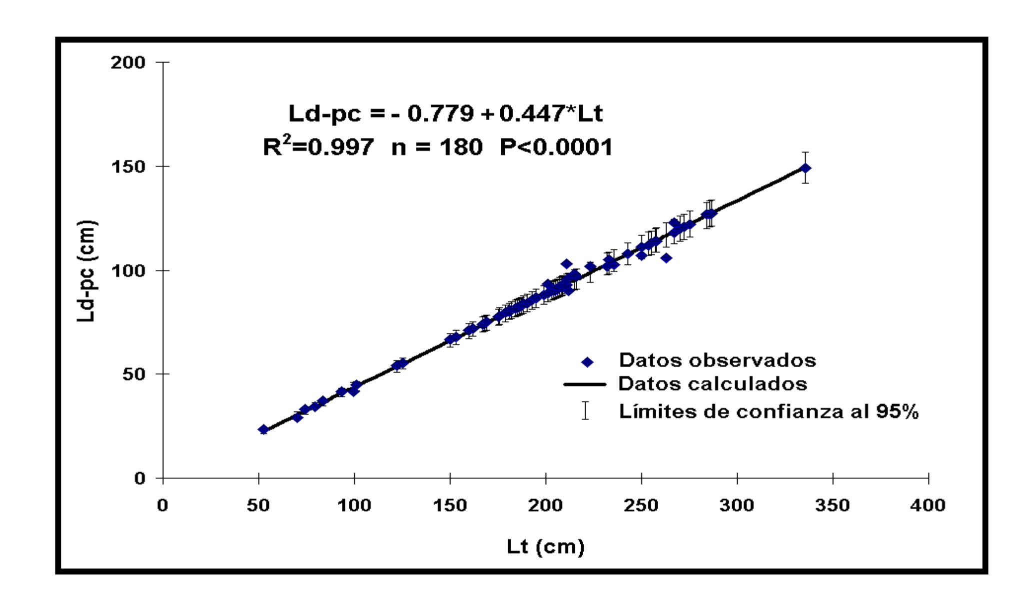


Figura 19.- Regresión lineal de la correlación de la longitud interdorso-precaudal (L d-pc) y la longitud total (Lt).

Por otro lado, las relaciones de peso y longitud total presentaron una fuerte correlación, misma que permitió obtener las regresiones siguientes:

Peso eviscerado (Pe) *vs.* longitud total (Lt) (Figura 20)

Modelo: Pe = $0.00000317*Lt^{3.01}$: R^2 = 0.97; T = 8.9 y P<0.0001

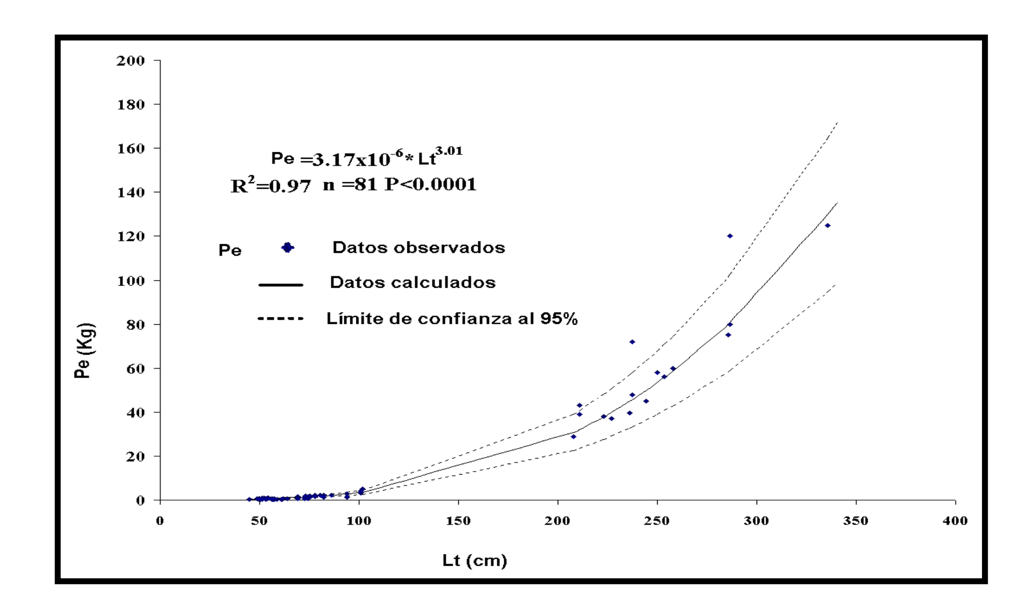


Figura 20.- Relación del peso eviscerado (Pe) con la longitud total (Lt).

Peso total (Pt) *vs.* longitud total (Lt) (Figura 21)

Modelo: $Pt = 0.00000466 * Lt^{3.01;}$ $R^2 = 0.978$; T = 8.9 y $P<0.0001$.

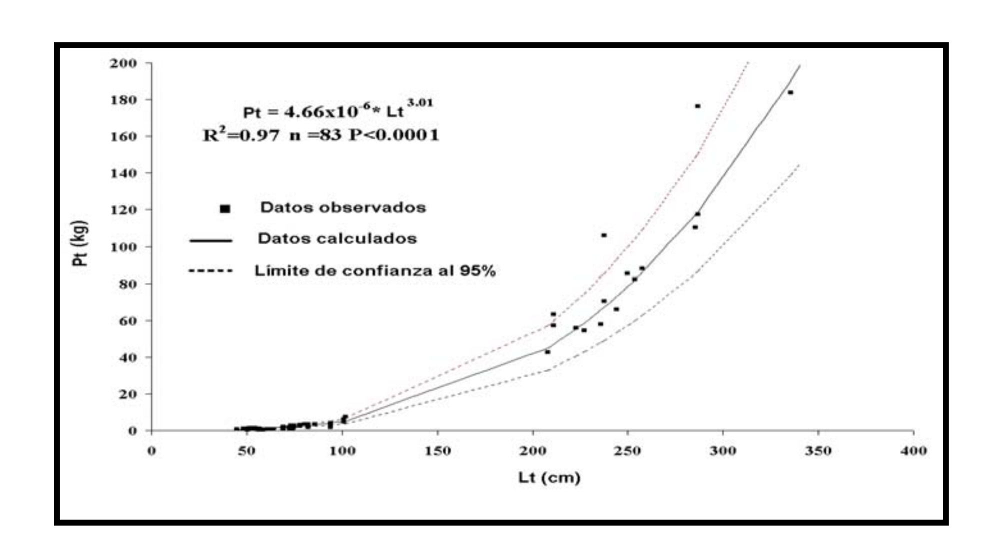


Figura 21.- Relación del peso total (Pt) con la longitud total (Lt).

La pendiente en ambas regresiones es similar, pero la ordenada proporciona la variación de ambos pesos, debido a la alta validez interna de los datos se pudo analizar la perdida de peso al ser eviscerado el tiburón martillo que va del 30 a 32% de su peso. En el presente trabajo el peso máximo estimado fue de 198.11 Kg

Para la realización de los análisis pesqueros y demográficos se usaron las constantes de crecimiento estimadas por Anislado (1995):

Longitud infinita (L_∞) = 340.3 cm

Constante de crecimiento (K)= 0.15147

Tiempo hipotético a la talla cero (to) = 0.151

Asimismo se incluyen los parámetros estimados en este trabajo:

Talla óptima de madurez sexual (Lx)= 222.4 cm

Edad óptima de madurez sexual (Tx) = 6.11 años

Edad de 1ª madurez sexual (Epms) = 4.4 años

Numero promedio de crías hembras por parto = 16

Longitud máxima observada (Lmax)= 335.6 cm

Edad máxima observada (tmax)= 27.3 años

Talla promedio de captura (Lc)= 133.4 cm.

Edad promedio de captura (tc)= 1.84 años

Talla de primera captura (Lo)= 55 cm

Edad de primera de captura (to)= 0.5 años.

Tamaño de muestra (n) = 1356 individuos.

MORTALIDAD

Los valores encontrados, para la mortalidad total (Z), entre los tres modelos aplicados resultaron muy cercanos a 0.9 (Tabla 6), por lo que se acepta el promedio para ser usado en los modelos de rendimiento por recluta (Y/R) y de tablas de vida, como resultado de lo anterior se estimó como:

Z = 0.9; D. S = 0.05.

Coeficiente de variación = 4.82%

Tabla 6.- Mortalidad total (Z) estimada por diferentes métodos.

Modelo	Valor
Beverton y Holt, 1956 (para longitudes)	0.88
Beverton y Holt, 1956 (para edades)	0.95
Sstentengo y Larkin, 1973	0.96

Usando el criterio de Johnson (1981), donde el coeficiente Z/K encuentra básicamente dos tipos de configuración pesquera: 1) Z/K ≤ 1, configuración “K”, donde son principalmente capturados los peces de gran tamaño o que ya alcanzaron su madurez sexual; 2) Z/K ≥ 2, configuración “r”, donde son capturados en grandes cantidades los peces pequeños o que no

han alcanzado la madurez sexual, en este caso la especie presenta una configuración del tipo “r” (Z/K= 6.14) lo que indica una estrategia pesquera errónea que ya comienza a rebasar la captura sustentable.

La mortalidad natural (M) estimada por cinco de seis modelos se aproxima a un valor de 0.3 (Tabla 7). El valor estimado por el método de Hoening, 1983 se descarta por estar subestimado.

Tabla 7.- Mortalidad natural (M) estimadas por diferentes métodos.

Modelo.	Valor
Taylor, 1958	0.33
Ricker y Efanov, 1976	0.30
Hoening, 1983 (excluido)	0.15
Roff, 1984	0.32
Charvanov y Berrigan, 1990	0.33
Ralston, 1987	0.32

Al igual que en la mortalidad total (Z), Se usó el promedio de la mortalidad natural (M) para los análisis posteriores:

M promedio = 0.32 (sin considerar a Hoening, 1983)

D. S =0.01

Coeficiente de variación = 3.49%

Aun cuando no fue posible valorar la proporción que la depredación aporta a la mortalidad natural se encontraron otras causas, como los daños ocasionados por la sanguijuela marina de la familia Branchinellinae, que se localizó solitaria o en parejas en cabeza, cola, cavidad oral y branquial de estos tiburones. Se encontraron tiburones martillo juveniles, menores de 110 cm, con sanguijuelas en ojos, observándose abrasión e inflamación en el área de implantación del parásito, dando como resultado una reducción del ángulo visual y, por tanto, una mayor susceptibilidad a la depredación, reflejo de esto es un trozo de aleta cefálica izquierda, con el ojo aparentemente cicatrizado, encontrado en un pargo colmillón (*Lutjanus novenfasciatus*).

En el estómago cardiaco, se encontraron Eucestodos de la familia Onchobotriidae, y en la válvula espiral se localizaron nemátodos de la familia Cystidicolidae, nunca en grandes cantidades, pero si con evidentes ulceraciones y zonas hemorrágicas en el área implantación. Por otro lado un tiburón martillo hembra de 110 cm de longitud con 3.5 Kg de peso total fue colectada en la zona F durante los muestreos de julio de 1997, la revisión de los restos alimenticios mostró un estómago repleto de ojotones (*Selar crumenopthalmus*) y dos céstodos de aproximadamente 50 cm de largo, al comparar el peso del tiburón con los promedios normales se encontró una perdida de peso considerable ya que el normal es de casi 6 kg, lo anterior puede ser un reflejo de los daños ocasionados por los parásitos encontrados.

El valor estimado de la mortalidad por pesca (F) fue de 0.61 y el índice de explotación (E) de 0.66, lo que nos indica que se esta pescando más de la mitad de la población de tiburones de esta región.

RENDIMIENTO POR RECLUTA (Y/R) Y PLAN PESQUERO A LA ESTRATEGIA $F_{0.1}$.

Los contornos del rendimiento por recluta (Y/R) para cada tipo de pesquería (Figura 22 y 23), y el plan pesquero de la estrategia $F_{0.1}$ (Figura 24 y 25), se resumen es sus puntos más importantes en la tabla 8:

Tabla 8.- Estrategias pesqueras derivadas del análisis de rendimiento por recluta (Y/R).

Pesquería	Edad / talla.	F	Y/R	Estrategia
De aguas someras tr = 0.11 años	1.2 años / 86 cm Edad de captura	0.25	6.2 Kg./R	$F_{0.1}$
		0.32	6.45 Kg./R	F = M= Y/R máximo
		0.61	6.07 Kg./R	F actual.
	4.4 años / 190 cm Edad de primera madurez sexual	0.32	6.95 Kg./R	F = M
		0.45	7.62 Kg./R	$F_{0.1}$
		0.61	8.07 Kg./R	F actual.
		1.0	8.53 Kg./R	Y/R máximo.
	5 años / 203 cm Edad critica de máximo rendimiento a F=0	0.32	6.4 Kg./R	F = M
		0.5	7.43 Kg./R	$F_{0.1}$
		0.61	7.43 Kg./R	F actual
Pesca de rendimiento tr = 3 años	4.4 años / 190 cm Edad de captura y edad de primera madurez sexual	0.32	17.44 Kg./R	F = M
		0.49	19.51 Kg./R	$F_{0.1}$
		0.61	20.31 Kg./R	F actual
		1.0	21.47 Kg./R	Y/R máximo
	5 años / 203 cm Edad critica de máximo rendimiento a F=0	0.32	16.49 Kg./R	F = M
		0.5	18.73 Kg./R	$F_{0.1}$

		0.61	19.51 kg./R	F actual.

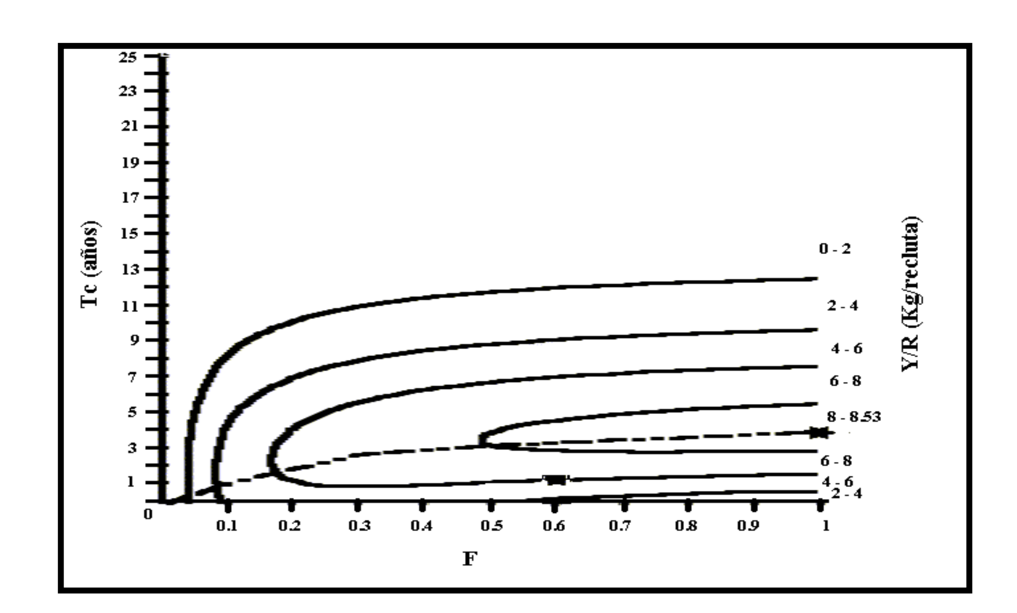


Figura 22.- Contornos de producción en rendimiento por recluta (Y/R) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) según la pesquería de aguas someras. Los puntos indican: a la izquierda situación actual y a la derecha Y/R máximo, la línea que cruza marca los valores máximos de Y/R

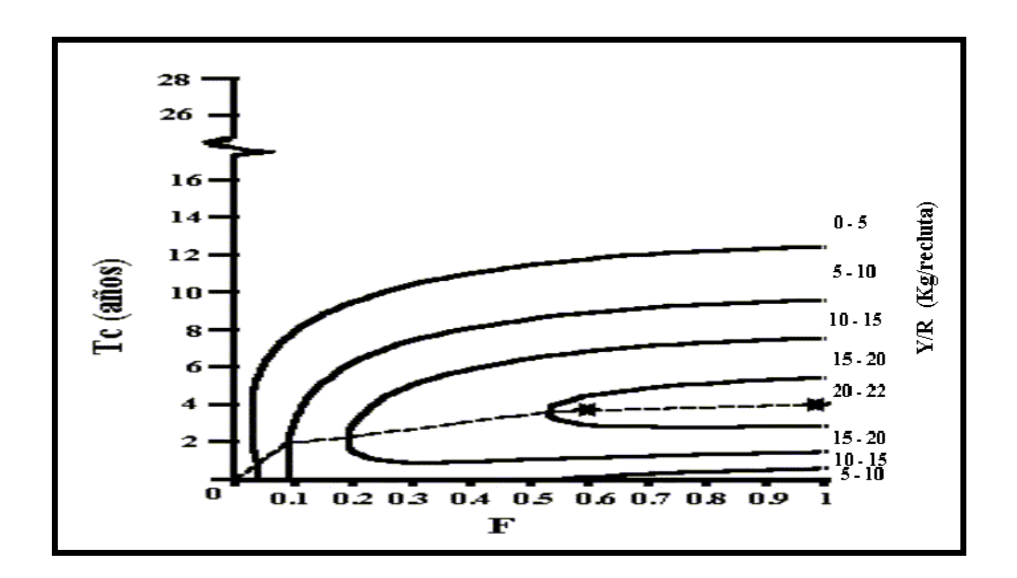


Figura 23.- Contornos de producción en rendimiento por recluta (Y/R) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) según la pesquería de rendimiento. Los puntos indican: a la izquierda situación actual y a la derecha Y/R máximo, la línea que cruza marca los valores máximos de Y/R

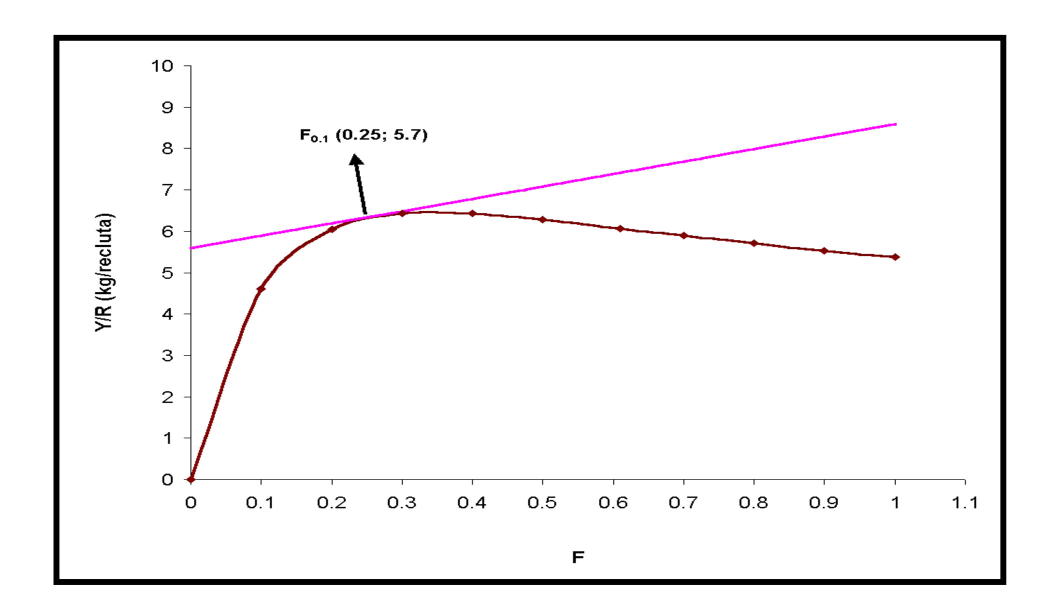


Figura 24.- Curva para estimar las coordenadas de la estrategia pesquera $F_{0.1}$, correspondientes a la pesca en aguas someras.

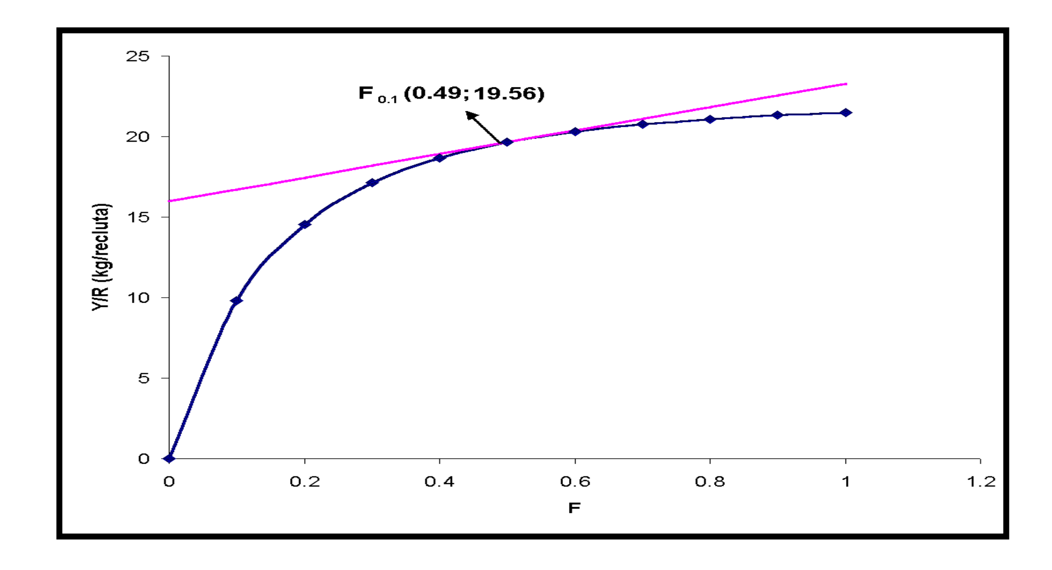


Figura 25.- Curva para estimar las coordenadas de la estrategia pesquera $F_{0.1}$, correspondiente a la pesca de rendimiento

Los rendimientos por recluta presentes en la pesca de aguas somera están por debajo de los valores estimados para la pesca de rendimiento, asimismo y de acuerdo a la estrategia $F_{0.1}$, se puede permitir una mayor mortalidad en la captura proveniente de la pesca de rendimiento, considerando que en la viabilidad de reducir el esfuerzo de captura en la pesca de aguas someras, seria necesario capacitar a los pescadores dentro de un programa gubernamental en pro de una pesca responsable y explotación sustentable.

ANÁLISIS DEMOGRÁFICO

De acuerdo con la clasificación de Pearl (1928, *in*: Krebs, 1994), la curva de sobrevivencia del tiburón martillo (Figura 26) tiene un comportamiento del tipo II ($\log_{10}$lx vs edad), que indica una mortalidad constante en todas las cohortes.

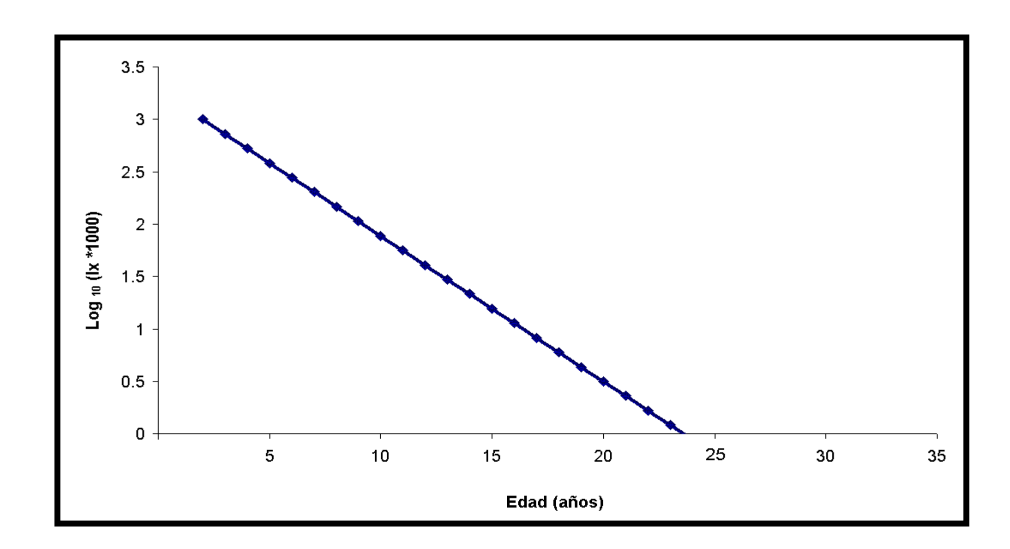


Figura 26.- Curva de sobrevivencia (lx) de una cohorte teórica sin explotación, según la propuesta de Pearl (1928; *in:* Krebs, 1994)

Como un reflejo del comportamiento anterior, la tasa reproductiva (l_x *m_x) decrece abruptamente en los primeros años de madurez sexual (Figura 27), por lo tanto no es significativo el aumento de numero de embriones por la edad, indicando un bajo potencial reproductivo a escala poblacional.

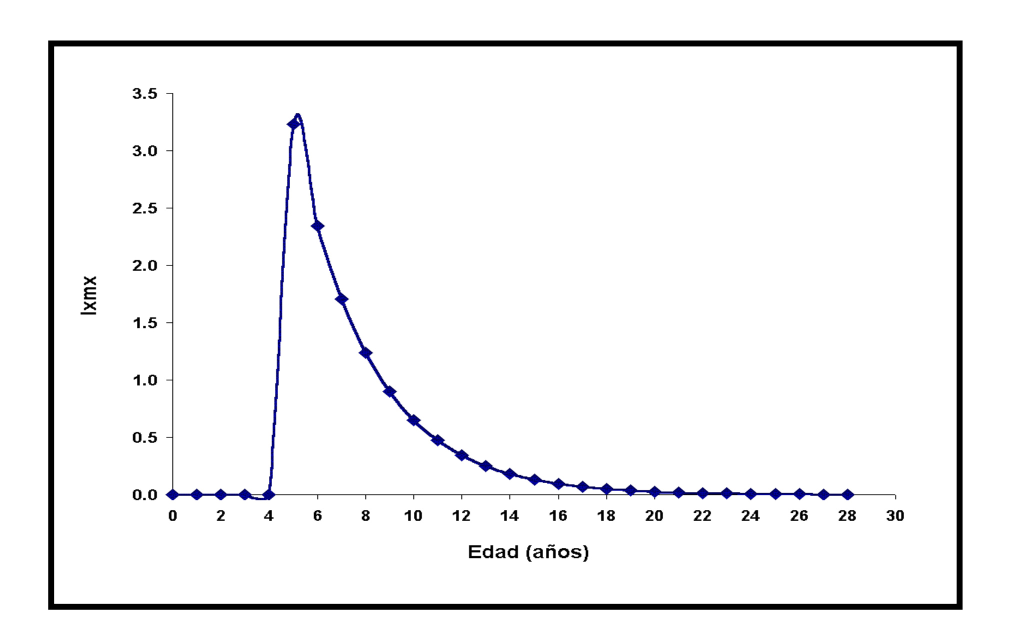


Figura 27.- Simulación de la tasa reproductiva (lx mx) de una cohorte teórica sin pesca.

Los valores obtenidos para los parámetros demográficos fueron los siguientes:

Ro = Tasa neta reproductiva = 11.8 Crías hembras por madre.

G = Tiempo generacional = 7.6 años.

r = Tasa intrínseca de crecimiento poblacional = 0.3

ri = Tasa intrínseca de crecimiento poblacional ajustada por la ecuación de Loktka y Volterra = 0.37

λ= Tasa finita de incremento poblacional = 1.4

tx2 = Tiempo teórico de duplicación del tamaño poblacional =2.16

La distribución estable de la población (Cx) indica una gran mortalidad en las primeras edades, de tal manera que al encontrarse en la edad de primera madurez sexual solo existe el 1.9% de individuos (Figura 28).

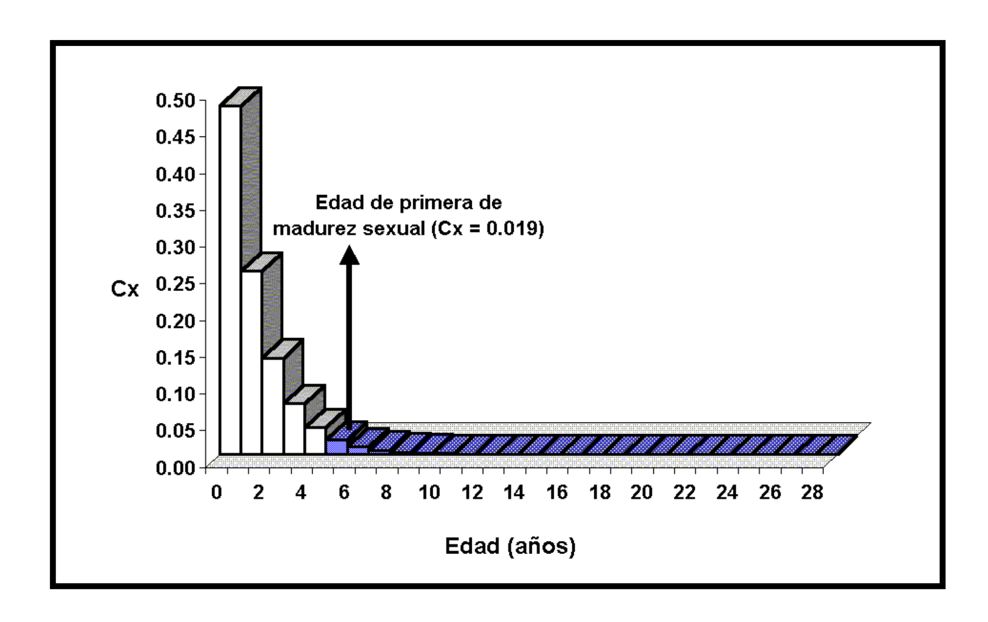


Figura 28.- Distribución estable (Cx) con respecto a la edad en condiciones naturales

SIMULACIÓN

Bajo los dos regímenes de pesca artesanal se simularon los parámetros a partir de escenarios de mortalidad estimados a partir de los conocimientos generados en los puntos anteriores. El resumen de estos, incluyendo las distribuciones estables en la primera madurez sexual (Cx) y el rendimiento por recluta (Y/R) se presenta en la tabla 9.

Los comportamientos de los parámetros en los distintos escenarios y en los dos regímenes de pesca son presentados en las Figuras 29 y 30 para la sobrevivencia (l_x) , y en las Figuras 31 y 32 para la tasa reproductiva (l_x *m_x).

Tabla 9.- Resultados de la simulación a diferentes escenarios de mortalidad pesquera según los modelos del rendimiento por recluta (Y/R) y demográficos.

Tipo de pesca	Escenario	F	Ro	G	r	λ	T_{x2}	Cx (a los 4.4 años Epms)	Y/R
Ausente	Sin explotación	0	11.8	7.6	0.32	1.4	2.2	0.019	0
Pesca de aguas someras (Tc = 1.2 años)	Ro/2	0.11	5.9	6.9	0.25	1.3	2.7	0.017	4
	$F=F_{mrs}$ con explotación	0.16	4.4	6.6	0.24	1.3	3.1	0.016	5.7
	Estrategia $F_{0.1}$	0.25	2.85	6.3	0.16	1.17	4.34	0.016	6.3
	F = M	0.32	1.9	6.12	0.12	1.1	6.04	0.015	0.014
	Situación actual	0.61	0.65	5.65	-0.15	0.9	-5.12	0.015	0.014
Pesca de rendimiento (tc = 4.4 años)	Ro/2	0.24	5.89	6.33	0.28	1.32	2.47	0.018	13.8
	$F=F_{mrs}$ con explotación	0.16	7.19	6.25	0.29	1.35	2.32	0.018	15.8
	Estrategia $F_{0.1}$	0.49	3.57	5.8	0.22	1.25	3.16	0.018	19.56
	F = M	0.32	4.96	6.12	0.26	1.29	2.65	0.018	19.56
	Situación actual	0.61	2.89	5.65	0.19	1.21	3.68	0.018	20.35

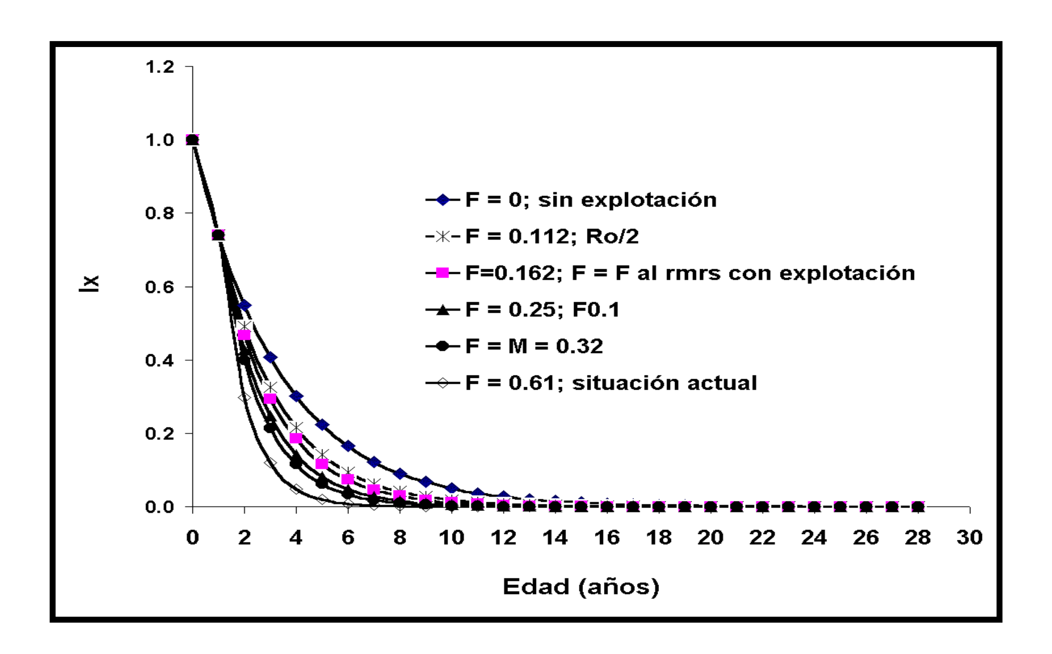


Figura 29.- Simulación del efecto de la mortalidad por pesca en la sobrevivencia (lx) de una cohorte teórica a distintos escenarios de estrategias pesqueras, M=0.32 y edad de primera captura 1.2 años, en la pesca de aguas someras

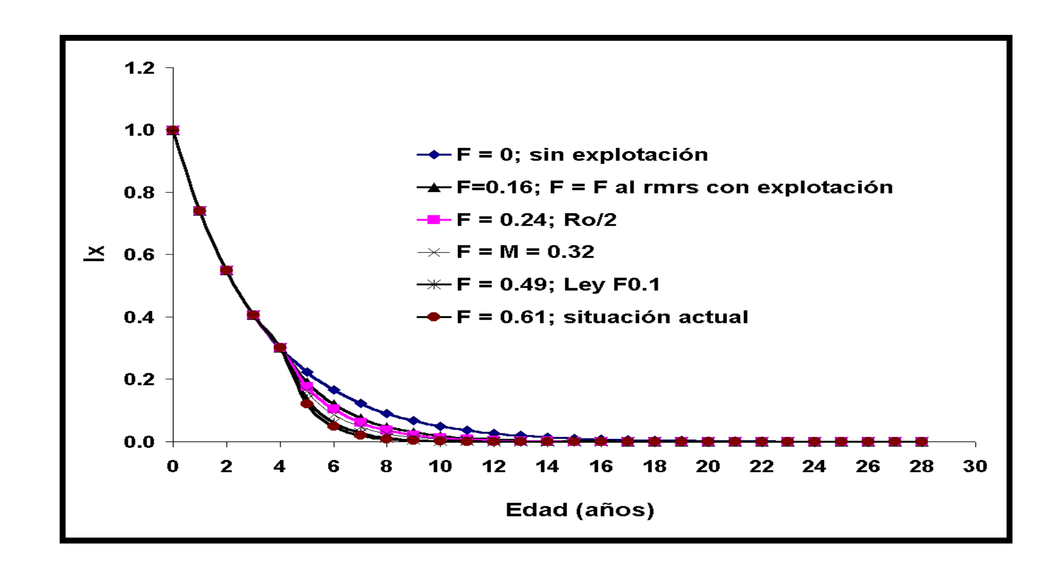


Figura 30.- Simulación del efecto de la mortalidad por pesca en la sobrevivencia (lx) de una cohorte teórica a distintos escenarios de estrategias pesqueras, M=0.32 y edad de primera captura 4.4 años, en la pesca de rendimiento

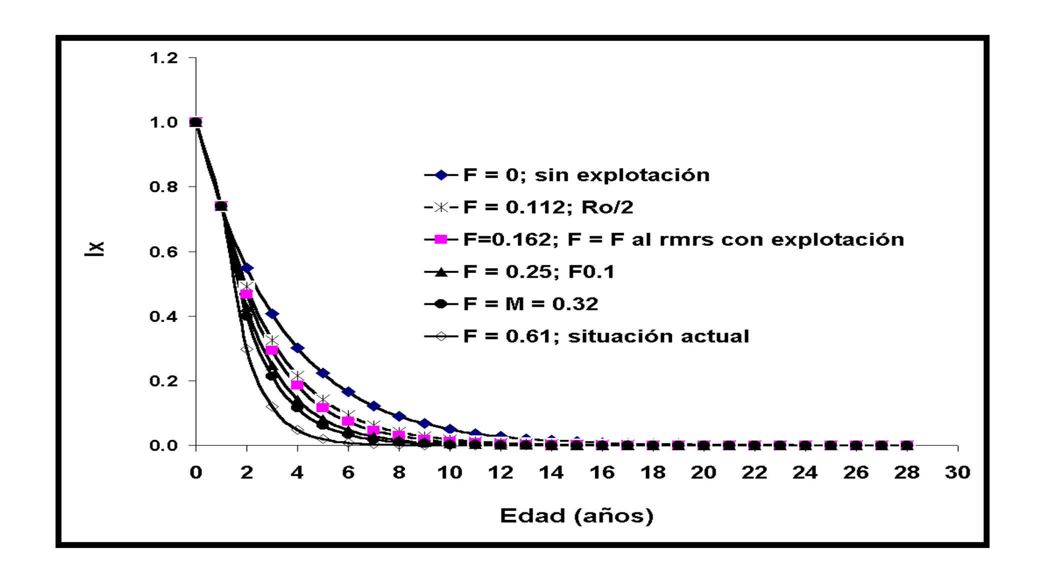


Figura 31.- Simulación del efecto de la mortalidad por pesca en la tasa de reproductiva (lx * mx) de una cohorte teórica a distintos escenarios de estrategias pesqueras, M=0.3 y edad de primera captura 1.2 años, en la pesca en agua someras

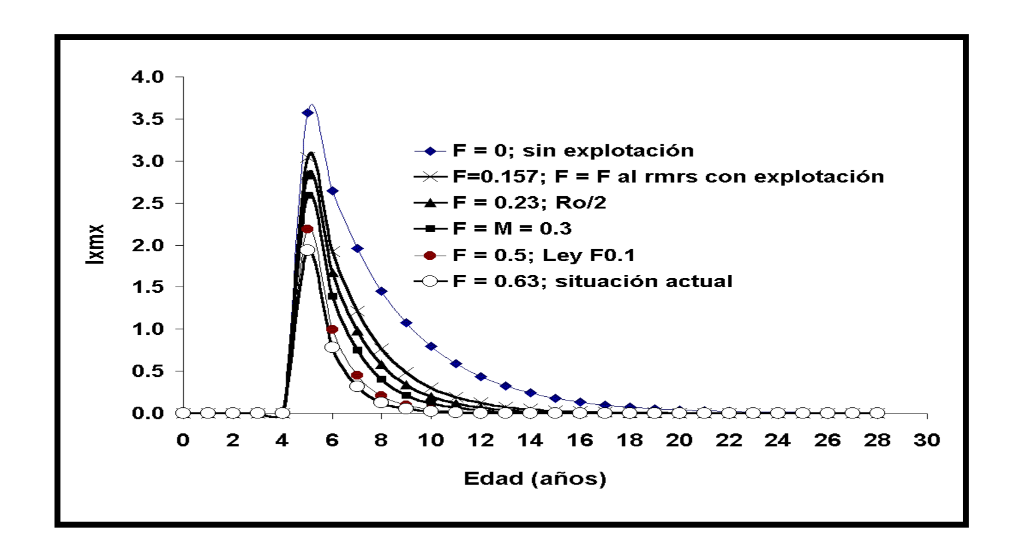


Figura 32.- Simulación del efecto de la mortalidad por pesca en la tasa reproductiva (lx *mx) de una cohorte teórica a distintos escenarios de estrategias pesqueras, M=0.32 y edad de primera captura 4.4 años, en la pesca de rendimiento

Como análisis exploratorio se presentaron distintos escenarios de mortalidad por pesca (F), en un rango de 0 a 1, y de edades de 0 a 28 años, la tasa neta reproductiva (Ro) (Figura 33) y la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) (Figura 34). Ambas tasas presentan sus valores mínimos (Ro= 1.019; r = 0.03) con F=0.37 en los neonatos.

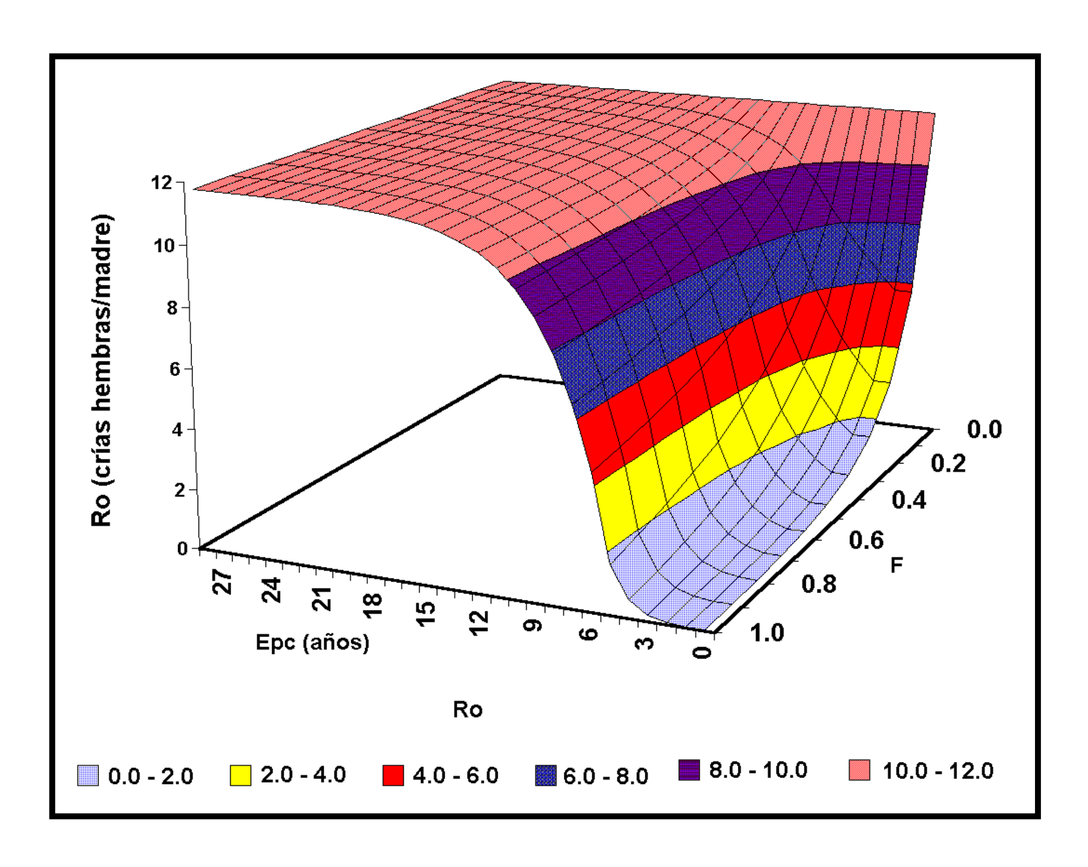


Figura 33.- Contornos de la tasa neta de reproducción (Ro) a distintos escenarios de mortalidad por pesca (F) y edad de primera captura (Epc)., M=0.32

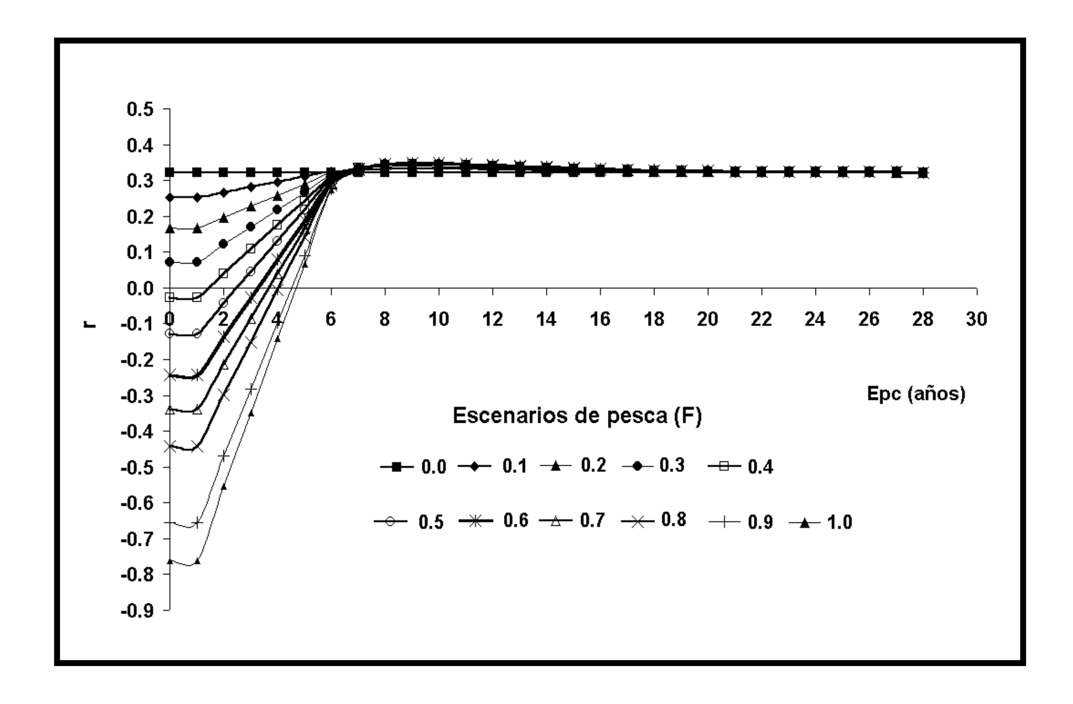


Figura 34.- Curvas de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) a distintos escenarios de edad de primera captura (Epc) y mortalidades por pesca (F), y una M =0.32, la línea continua representa la mortalidad por pesca actual (F=0.61)

Las simulaciones realizadas se basaron principalmente en la búsqueda de la reducción al 50% de la tasa neta reproductiva (Ro), la iteración de valores hasta encontrar una mortalidad por pesca (F) igual al 50% de la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r), la estrategia $F_{0.1,}$ F =M, en los dos escenarios de pesca (de aguas someras y de rendimiento), esto sirvió para graficar los comportamientos de la sobrevivencia (lx) y tasa reproductiva (lx mx), encontrando que las diferencias son drásticas

La pesca en aguas someras presenta una disminución importante de la población y de su capacidad reproductiva, la regulación efectiva en esta pesquería, solo se lograría con la disminución de la mortalidad de pesca (F) a niveles de la mortalidad natural (M), es decir, 32.5 % de la r y 16.11% de la Ro, esto no es fácil de realizar con retirar embarcaciones y artes de pesca. En cuanto al rendimiento por recluta (Y/R), esta pesquería no presenta grandes ganancias, solo 6.41 kg./recluta, en las otras estrategias las diferencias no son significativas (C.V. 10.3%), por lo que sus beneficios en la pesquería no son de importancia, pero la disminuciones en sus tasas demográficas son catastróficas, lo que significa que existen más perdidas que ganancias.

La pesca de rendimiento muestra ser la estrategia más coherente de llevarse a cabo, los valores de sobrevivencia (lx) y tasa reproductiva (lx mx) no coincide con la caída abrupta de la otra pesquería, y considerando que la mortalidad por pesca (F) usada en la simulación de rendimiento por recluta (Y/R) y demográfica puede estar sobrestimada debido a que las embarcaciones y artes de pesca usados aquí no son siquiera el 50% de la pesca en aguas someras. La reducción de los valores, a partir de una población virgen, son 24.6% de Ro; 73.96%, 58.20% de r y 94.7% de la proporción estable (Cx). Los valores de Y/R de pesquería de rendimiento van de un 415.3% con un esfuerzo mínimo (F=Ro/2) y hasta un 333.6% de la mortalidad actual comparada con los esquemas de la pesca en aguas someras.

Las simulaciones para la tasa neta reproductiva (Ro) y tasa de renovación poblacional (r), en distintos escenarios de edad de primera captura y mortalidad de pesca (F), únicamente deben de ser tomadas como un método rápido, con todos los inconvenientes que esto lleva, para comenzar a delimitar los parámetros en que los valores demográficos son positivos y/o están sobre el 50% del valor en condiciones naturales.

Los datos de la reducción en los índices demográficos son alarmantes. Sin embargo, retrospectivamente, a través de 11 años de muestreos, no ha existido una extinción comercial del recurso, en la consideración de que la mayoría de las capturas se realiza en aguas someras, influyendo directamente sobre las crías. Si retomamos los ciclos de arrivamiento masivo, se puede postular que el recurso se regula solo durante un periodo de aproximadamente 2 años. Aún que es innegable que las capturas han disminuido (en 1994 la pesca fue de un 23.8% de lo que se obtuvo en 1987), estos ciclos permiten no ser tan rígidos en el planteamiento de un programa de regulación pesquera, dando opción de restringir las redes menores de 6" de luz de malla, durante el pico máximo de abundancia del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) que ocurre en el intermes de junio - julio.

DISCUSIÓN

BIOLOGÍA

SEGREGACIÓN

Las áreas de distribución de los tiburones han sido divididas de acuerdo a la utilización que del espacio realizan (Meek, 1916). Las zonas en las que se encuentran varias cohortes de organismos adultos de un mismo sexo, se han definido como áreas de alimentación (Springer, 1967; Castro, 1993), así los adultos de ambos sexos se encuentran separados por distancias considerables, y cercana a alguna de estas áreas, se puede localizar el área de apareamiento (Muñoz-Chapuli, 1984)

Bres (1993) al resumir la información que de la segregación se conoce, hace énfasis de los trabajos de Clarke (1971) y Hollan *et al.* (1993) en la Bahía de Kaneohe, Oahu, donde se aprecian los movimientos nocturnos para la depredación de parte de las crías del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) dentro de un área restringida. Klimley (1987) encontró una segregación marcada en talla – sexo como una estrategia que evita la competencia interespecífica que se infiere por la diferencia de los restos alimenticios encontrados en los machos y hembras de la población de Baja California Sur.

Por otro lado, las asociaciones en el uso del espacio encontradas entre el tiburón martillo y otros tiburones son muy similares a las encontradas por Parker Jr y Bailey (1979), en las costas de Mustang y La Isla de Padre en Tejas, USA., Castro (1993) en la Bahía Bulls, de Carolina del Sur y por Castillo y Marquez (1996) para Veracruz y Tabasco principalmente,

han encontrado que se presenta una relación estrecha entre el uso de un área de expulsión común por parte del tiburón volador (*C. limbatus*) y el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) siempre acompañado por algún miembro del género *Rhizoprionodon*.

El paso a zonas de mayor profundidad de los preadultos es semejante a lo encontrado Springer (1967), Klimley (1987) y Castro (1993) Hay que resaltar que los tiburones martillo; *Sphyrna lewini,* que se han encontrado a grandes profundidades son juveniles o preadultos, tal como lo demuestran Klimley (1993) y Klimley *et al.* (1993) con una hembra de 125 cm de longitud a 450 m en el bajo Golfo de California, en México, y por Jensen y Schwartz (1994) con un individuo no sexado de 160 cm de longitud a 431.8m de profundidad en Carolina del Norte, EUA.

Muñoz – Chapuli (1984) encuentra que para el tiburón azul (*Prionace glauca*) de la costa de Noreste Atlántico, durante el verano, las hembras maduras se congregan en la parte sur y los machos en la zona norte, y en invierno se agregan en un área intermedia. Para el caso de este trabajo se encuentra un comportamiento similar, con sus cambios debidos, quizá, por la diferencia de latitud, ya que aquí los que se congregan al sur son los machos y al norte las hembras, pero se conserva un comportamiento a presentar un área de apareamiento inmediata a las zonas de crianza y de agregación de adultos.

ASPECTOS REPRODUCTIVOS

La edad óptima de madurez al tener una importante discrepancia con la edad de 50% de madurez sexual, podría ser el indicador de los mecanismos regulatorios. Parson (1993) encontró que una población de tiburones pala (*Sphyrna tiburo)* al ser sometida a una pesca intensiva desarrolló una estrategia de autoconservación basándose principalmente en una reducción de la talla de reproducción y aumento en la tasa de fecundidad y de crecimiento.

De acuerdo con las categorías de madurez de Joung y Chen (1995) se consideran 13 trabajos más que han registrado estos parámetros (Bigelow y Schroeder, 1948-1953, Clarke, 1971; Holden, 1974, Bass *et al.* 1975; Branstetter, 1981; Castro, 1983; Schwartz, 1983; Compagno, 1984; Stevens, 1984; Klimley, 1987; Branstetter, 1987; Chen et al. 1988; Castillo y Marquez, 1996; Amezcua, 1996), solo 3 de 14 pertenecen a esta categoría (0.505 a 0.621), los demás lo colocan como una especie de tiburón que presenta madurez sexual estándar (0.655 a 0.95), lo que sigue reforzando la teoría de un mecanismo de autorregulación densodependiente a una alta mortalidad, muy probable debida a la pesca de organismos inmaduros.

En términos generales, las diferencias en talla y edad de primera madurez sexual pueden deberse a dos puntos principalmente:

1.- Como respuesta reproductiva para mantener la densidad poblacional en presencia de una alta mortalidad inducida por la explotación o por perdida de refugios o de áreas de crianza (Daimond, 1989)

2.- Diferencias geográficas expresadas en las tallas reducidas para machos y hembras al madurar sexualmente de manera precoz (Chen *et al*. 1990; Cortes y Parson, 1995).

El intervalo en el número de embriones (13 a 42) no presenta diferencias significativas ($P > 0.001$) con los trabajos realizados por D´Aubrey, 1964; Branstetter, 1981; Castro, 1983; Bass, 1986; Chen *et al.* 1988; Berkeley y Campos, 1988; Last y Stevens, 1993; Amezcua, 1996; Crow *et al.* 1996), con excepción del número mínimo (cuatro embriones) encontrado por Castillo y Marquez (1996), que puede deberse a un conteo sólo sobre las crías y no de los cordones umbilicales, ya que en el desarrollo de este trabajo se ha observado que las hembras preñadas al ser capturadas abortan un número considerable de nonatos.

En cuanto al promedio de embriones por hembras, lo reportado por los autores citados en el párrafo anterior y el presente trabajo, muestran que es común observar 30 embriones por hembra gestante, y con la proporción de los embriones en el numero de hembras por machos demuestra la importancia de las hembras en la regulación del tamaño de la población al encontrar un mayor número de hembras que machos.

Se puede deducir que los tiburones martillo (*Sphyrna lewini*) de la costa michoacana solo presenta como un mecanismo de regulación del tamaño de la población a la reducción de la talla de madurez sexual.

A la luz de este trabajo y comparándolo con otros estudios, se generaliza un periodo de gestación de 10 meses y una dependencia estrecha al movimiento de corrientes cálidas para su

apareamiento y parto (Compagno, 1984; Branstetter, 1987; Chen *et al,* 1988; Last y Stevens, 1993), reflejándose en los picos de captura.

Los trabajos que relacionan a los ciclos reproductivos con los picos de abundancia en la captura del tiburón son casi nulos, únicamente Berkeley y Campos, (1988) hablan de incrementos en la abundancia en lapsos de tiempo bianuales cada marzo, para el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) así como Cortes y Parson (1995) hacen mención de dos periodos de reproducción anuales para el tiburón pala (*S. tiburo*).

ASPECTOS TRÓFICOS

De acuerdo con su dieta, Compagno (1984) expone a esta especie como un ictiófago de amplio espectro de peces óseos, Clarke (1971) encuentra este comportamiento en las mismas crías de esta especie. Baughman y Springer (1950) mencionan una elevada depredación de rayas, esto parece ser un comportamiento generalizado para la familia (Strong *et al.* 1990) y que se comprueba en este estudio.

Las tortugas marinas son reconocidas como alimento de varios tiburones, como el tiburón tigre, *Galeocerdo cuvieri,* (Witzell, 1987; Stevens y McLoughlin, 1991; Randall, 1992) y el tiburón chato, *Carcharhinus leucas*, (Keinath y Miusick, 1993) y muy comúnmente por el tiburón blanco, *Carcharodon carcharhias* (Long, 1996). En este estudio la presencia de la tortuga negra (*Chelonia agassizi)* muestra este organismo es depredado por grandes tiburones,

pero las crías de tortuga pueden ser consumidos por juveniles, ya que comparten la misma zona de reproducción.

La depredación sobre delfines por el tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) solo ha sido reportada por Leatherwood *et al*. (1979), aunque Long y Jones, (1996) consideran esta actividad como un evento de carroñeo, pero al encontrar trozos de la región dorso-anterior y de los flancos de individuos jóvenes (mayores 190 cm de Lt) pone en duda que no pueda atacar a los pequeños cetáceos ya que esta forma de atrapar a sus presas ha sido reportada como una generalidad depredatoria de la familia Sphyrniade (Strong *et al.* 1990 y Nayaka, 1995), además, las especies de tiburón martillo son consideradas como unas de las especies de tiburones más agresiva (International Shark Attack File: http://www.flmnh.edu/fish/shark/statistics/species.htm) y no sería raro un ataque a pequeños cetáceos, pero su afirmación sin observaciones directas, seria una connotación falseable.

Aparte de los trabajos que describen a otros tiburones como depredadores de tiburones (Bauhgman y Springer, 1950; Klimley, 1985), no hay bibliografía que informe sobre la depredación de peces óseos sobre tiburones. Se menciona un evento ocurrido en el acuario de Veracruz, donde un pez de gran tamaño (quizá un mero, *Epinephelus itajara* o una cuvera *Lutjanus cyanopterus*) deglutió por completo a una cría de tiburón que fue introducida en el tanque (Castillo, 1997 *Com. pers.*). En el presente caso se encontró que el pargo colmillón (*Lutjanus novemfasciatus*, que es el símil de *L. cyanopterus*) es una de las especies que mayor depredación mostró sobre los juveniles menores de 110 cm. Por otro lado, los tiburones

voladores (*Carcharhinus limbatus*), e individuos del mismo tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), son depredadores importantes, debido a que comparten el espacio durante la época del verano, donde se dan los picos de reproducción de estas especies.

RELACIÓN ENTRE EL TIBURÓN MARTILLO Y LA ICTIOFAUNA ACOMPAÑANTE.

Yañez - Arancibia (1978), Madrid (1990) y Amezcua (1996) consideran que las interacciones entre los componentes de un ecosistema se deben a una interacción trófica. Dentro de las artes de pesca dirigidas a tiburón es común encontrar como ictiofauna de acompañamiento a otros consumidores terciarios y secundarios (Anderson y Ursin, 1977; Castro-Aguirre, 1978; Caddy y Csirke, 1983; Chiariamonte, 1995; Casey y Myers, 1998), este comportamiento puede ser aprovechado para conocer las redes tróficas de la comunidad (Madrid, 1990; Amezcua, 1996) además, para determinar a la especie más vulnerable del conjunto con lo que se puede llegar a plantear una estrategia de conservación y aprovechamiento sustentable que al proteger a una especie proteja a las asociadas (Elst y Adkin, 1991; FAO, 1993; Robert, 1997; Francis, 1998)

PESQUERÍA

RELACIONES BIOMÉTRICAS

Las correlaciones realizadas presentaron una validez interna alta, que estadísticamente define a una población bien delimitada, por otro lado la validez externa es aceptable debido a que no presentan grandes dispersiones (Sokal y Rohlf, 1966; Weiner, 1996). La verosimilidad de los modelos refuerzan, de manera teórica, que se ha trabajado con una sola población de tiburones martillo.

La única correlación biométrica realizada, para la especie, por otro autor es la propuesta por Kohler *et al*. (1995) para la longitud furcal (Lf) y la longitud total (Lt): Lf = 0.7756Lt - 0.313, que comparándose con el presente trabajo no hay diferencias significativas ($t_{crítica}$ = 1.556; n =27; P>0.131), pudiendo ser considerada como de valor taxonómico.

Para este caso particular, para la recuperación de longitudes de tiburones martillo eviscerados, se recomienda el uso de la correlación de la longitud interdorso-precaudal con la longitud total ya que tiene como ventaja tener como límites a características naturales inconfundibles.

La relación peso - longitud de esta especie ha sido investigada en otras regiones, estas relaciones no presentan diferencias significativas (P>0.0001), con respecto a lo encontrado en el presente trabajo al simular los modelos en tallas de 47 a 340 cm a intervalos de 10 cm. Por ejemplo, Clarke (1971) trabajando con la población de esta especie en las costas de Hawai encuentra que para un organismo de 200 cm de longitud total el peso es de 32 Kg. Utilizando los parámetros obtenidos en el presente trabajo, el peso estimado es de 39.3 Kg (lo observado

en las capturas fue entre 38 a 42 Kg.). Branstetter (1987) en el Golfo de México calcula un peso de 36.8 Kg. Chen *et al.,* (1990) en Taiwan calcularon 44.4 Kg. para las hembras y 41 Kg. para los machos. Al no existir discrepancias en las poblaciones de diferentes regiones se especula que no existen respuestas de la ganancia o perdida en peso a las diferencias geográficas, climáticas o a mecanismos de respuesta a las presiones pesqueras o que se estandarizó el peso y talla de captura en la especie, debido al uso de los mismos artes de pesca.

PARÁMETROS BIOLÓGICO-PESQUEROS

MORTALIDAD

La dificultad de poder realizar una comparación de la mortalidad total (Z) con otras especies, se debe a los diferentes esfuerzos pesqueros en cada región y las diferentes estrategias de respuesta a la presión pesquera que cada especie experimenta (Andersen y Ursin, 1977; Cortés, 1995, Castillo y Marquez, 1996).

Por otro lado, se revisaron nueve trabajos realizados con otros tiburones como son: el tiburón de cardumen de Australia, *Galeorhinus australis,* (Grant *et al*. 1979), el cazón espinoso, *Squalus acanthias,* (Wood *et al.* 1979), el tiburón peregrino, *Cetorhinus maximus* y el tiburón sardinero, *Lamna nasus* (Pauly, 1980), el cazón bironche, *Rhizoprionodon longurio,* (Castillo, 1990), el cazón de goma, *Mustelus antarticus,* (Walker, 1992), el tiburón leopardo, *Triakis semifasciata*, (Cailliet, 1992); el cazón de ley, *Rhizoprionodon terranovae*, (Cortés, 1995), el tiburón aleta de cartón, *Carcharhinus plumbeus*, (Sminker y Miusick, 1996) y el tiburón

blanco, *Carcharadon carcharias*; (Geremy *et al.* 1996), donde se encontró que la mortalidad natural (M) no es dependiente de la longitud máxima (L∞) (R^2 de M vs. L∞ = 0.164), ni de la tasa de crecimiento individual (K) (R^2 de M vs. K =0.4077), sino de un conjunto de factores asociados, que en muchos casos son casi imposible de ser estimados de manera convencional (Vetter, 1988), añadidos a las respuestas adaptativas de cada especie o población a tratar de mantenerse en equilibrio frente a presiones pesqueras o de catástrofes, y que se observa por lo general en la disminución de las tallas de madurez, longevidad y fecundidad (Daimond, 1989).

Contra lo que muchos autores recomiendan se debe de evitar la estimación únicamente por el método de Hoening (1983), ya que continuamente se observa que se rompen marcas de captura en las pesquerías (Sparre *et al*. 1989), el valor puede ser subestimado frecuentemente, lo que ocasionaría graves consecuencias para el stock, si dependiera de este parámetro el incremento de la flota pesquera.

El valor obtenido en este trabajo es muy similar al encontrado por Chen y Liu (1997) para la misma especie en las aguas de Taiwan (M=0.3), de la misma manera que en la costa michoacana, la estructura de edad en las capturas es muy similar en Taiwan (Chen *et al*, 1990), pudiendo quizá aplicar una estrategia de pesca similar a las dos poblaciones.

En este trabajo, el parasitismo se observa como una causa indirecta de mortalidad, debido a que aumenta la susceptibilidad a la depredación y/o desnutrición grave, como se puede ver en

la abrasión e inflamación de los ojos provocada por sanguijuelas, o por la disminución del peso en individuos con céstodos.

Las relaciones depredador presa y la competencia interespecífica podrían ayudar, de una manera más amplia, a conocer la dinámica de la mortalidad presentada por esta población, pero debido a características biológicas propias de tiburones de estas longitudes, solo son posible de ser seguidas por las tramas tróficas de la comunidad presente.

Otra causante de mortalidad no evaluada, pero observada de manera indirecta, es la descarga de tóxicos, ya sea con dolo o por algún accidente. Durante el muestreo del mes de junio de 1993, y un día después del accidente en el cual el barco noruego "Betula" derramara casi 300 toneladas de ácido sulfúrico (25-06-1993), se encontraron dentro de la pesca comercial y experimental peces con las escamas y arcos branquiales descalcificados, ciegos y casi moribundos y a fines del mes citado se encontraron varados cercas del Río Nexpa: peces y tiburones también con los dientes descalcificados. Esto indica que sucesos de este tipo y desastres naturales conllevan a un evento de mortalidad masiva, la cuestión se centra en como estimar esta mortalidad y en este caso particular que tipo de mortalidad absorbe esta carga.

Con respecto a la mortalidad por pesca (F), el valor estimado (0.61) esta muy por arriba de lo que propone Gulland (1971), donde la F = M para una pesca en el Máximo Rendimiento Sostenible, cuestión rebatida por autores como Francis (1974) y Caddy y Csirke (1983), quienes consideran que el valor propuesto por Gulland es demasiado alto para peces y

camarones que se encuentran en la base y cúspide de la trama trófica. De acuerdo con Beddington y Cooke (1983), una F optima sería igual a 0.2M, y de acuerdo a las tablas propuestas por estos autores la proporción de biomasa virgen potencialmente capturable es de 0.06; con M = 0.32; K=0.15147; Edad de primera madurez de 4.4 años, lo que indica que se trata de una población altamente susceptible.

La imposibilidad de aplicar estrategias pesqueras con solo estos parámetros, recae en que se trata con una pesquería ribereña, dilema que implica quitar a un sector civil, que depende económicamente de forma directa, de esta actividad. Siendo necesarios los demás análisis propuestos en este estudio.

RENDIMIENTO POR RECLUTA (Y/R) Y PLAN PESQUERO A LA ESTRATEGIA $F_{0.1}$.

El Máximo Rendimiento Sostenible, meta del análisis del rendimiento por recluta Y/R, ha sido criticado por varios autores (Francis, 1974; Larkin, 1977; Caddy y Csirke, 1983; Beddington y Cooke 1983). Son pocos los trabajos sobre el tema que se han realizado para tiburones (Olsen, 1959; Kevesten, 1966 a y b; Grant *et al.* 1979; Smith y Abramson, 1990; Au y Smith, 1996; Cortes, 1998). Sin embargo, Li (1989) realizó una escrupulosa revisión de este análisis, encontrando que los peces de gran longevidad y madurez sexual tardía, como son los serranidos y lutjanidos, los resultados son confiables y que al ser aplicado a peces de vida corta y alta fecundidad, como sardinas y anchovetas, los errores pueden ser desastrosos, en el

caso del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*) al presentar la estrategia poblacional K (Compagno, 1990), hacen a esta especie una buen candidato para esta metodología.

De manera coincidente con la propuesta de Gulland (1971), una F = M proporcionará un rendimiento mayor, en las pesquerías que capturan una talla constante reflejándose en la simulación realizada para la pesca de aguas someras (Y/R = 6.45 kg./R; M = F=0.32; tr = 0.11; tc = 1.2 años), sin embargo, dicha producción nunca alcanza los niveles de la pesca de rendimiento.

El uso de las edades en la estrategia pesquera no es viable debido a que la selectividad de las artes de pesca no lo permite, además de que el escenario se aproxima la pesca en aguas someras, con las mortalidades por pesca encontradas por Huntsman *et al*. (1983), para el desarrollo de una estrategia pesquera óptima de nueve especies de lutjánidos y serránidos, peces óseos muy longevos y de madurez tardía, dichas mortalidades por pesca son menores que la natural y en su defecto $F \approx 0.3$, lo anterior se podría lograr con una veda espacio-temporal de las redes de luz de malla menores 6”, pero no con la veda total de estas mallas.

Se considera que las edades de reclutamiento cercanas a la edad adulta producen Y/R altos (Huntsman *et al*. 1983), en este trabajo se encuentra este punto en la pesca de rendimiento (tr = 3 años; tc 4.4 años), dichos rendimientos van en aumento conforme aumenta la mortalidad por pesca, comprobando esta hipótesis.

Desde su propuesta por Gulland y Borema (1973), la estrategia $F_{0.1}$ a sido definida como un valor arbitrario que se encuentra por debajo de Máximo Rendimiento Sostenible, en años recientes se han confrontado dos ideas opuestas, la primera es la inutilidad de su uso (Anthony, 1982) y la segunda que la sitúa como un Punto Preventivo de Referencia en la regulación pesquera al aplicarla a curvas de rendimiento por recluta (Y/R) que no tienen un punto máximo bien definido (FAO, 1993; Caddy, 1998). A la luz de los resultados, los valores estimados por esta estrategia muestran un valor de la mortalidad por pesca menor que la mortalidad natural ($F_{0.1}$ =0.25) para la captura en aguas someras, mientras tanto que para la de rendimiento es mayor ($F_{0.1}$ =0.49), pero en ambas el rendimiento por recluta resulta sin ganancia significativa con respecto a la situación actual. Podemos concluir, al igual que Barbieri *et al.* (1997), que en conjunto al análisis de rendimiento por recluta (Y/R) y a las estrategias de mortalidad, se deben integrar otras vías de decisión en planes de explotación. Por otro lado se encuentra que en las curvas de rendimiento por recluta obtenidas, no existen puntos máximos de rendimiento, por lo que es aplicable este análisis desde la perspectiva de la FAO (Caddy, 1998).

ANÁLISIS DEMOGRÁFICO.

Los análisis demográficos, usando las tablas de vida como una herramienta en la valoración de alternativas en el manejo de las pesquerías, son de los métodos, matemáticamente hablando, más robustos (Hoeninig y Gruber, 1990; Cailliet, 1992, Roff, 1992; Sminkey y Musick, 1996), en los estudios realizados en 10 especies (Jones y Geen, 1977; Hoff, 1990; Sminkey y Musick, 1996; Hoening y Gruber, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet et al. 1992; Cortes,

1995; Castillo y Marquez, 1996; Cortes y Parson, 1996; Marquez *et al*, 1998; Chen y Liu, 1997), incluyendo este análisis, se encontraron tasas intrínsecas de crecimiento (r) menores de 1.0, que bajo el concepto de la F_{MRS} de Ricker (1975) no deben de sobrepasar F=0.3, valor muy por debajo de las pesquerías actuales, (Applegate *et al.,* 1993; Bonfil, 1997).

A pesar de las grandes variaciones de fecundidad, longitud y longevidad, entre otros parámetros, los tiburones y todos los condrictios, presentan poblaciones muy sensibles, al esfuerzo pesquero, debido a su densodependencia (Springer, 1967; Holden, 1973; Compagno, 1984; Compagno *et al.* 1989; Hoening y Gruber, 1990; Last y Stevens, 1993) que se refleja en los bajos valores de la tasa intrínseca de crecimiento (r) la cual va de 0.23 a 0.39 en los tiburones: perro espinoso *(Squalus acanthias*)*,* aleta de cartón (*Carcharhinus plumbeus),* Limón *(Negaprion brevirostris*)*,* Leopardo (*Triakis semifasciata*)*,* angelote (*Squatina californica*)*,* caña hueca (*Rhizoprionodon terranovae*)*,* pala (*Sphyrna tiburo*) y martillo (*Sphyrna lewini*).

Asimismo, la tasa neta reproductiva (Ro), reafirma esta fragilidad encontrando valores de 1.26 a 5.8 para los tiburones: perro espinoso *(Squalus acanthias*)*,* aleta de cartón (*Carcharhinus plumbeus),* Limón *(Negaprion brevirostris*)*,* Leopardo (*Triakis semifasciata*)*,* angelote (*Squatina californica*)*,* caña hueca (*Rhizoprionodon terranovae*)*,* pala (*Sphyrna tiburo*), (Jones y Geen, 1977; Hoff, 1990; Sminkey y Musick, 1995; Hoening y Gruber, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet *et al.* 1992; Cortes, 1995; Castillo y Marquez, 1996; Cortes y Parson,

1996; Marquez *et al.*, 1998). La especie aparentemente más fecunda es el tiburón martillo con valores de 27.74 (Chen y Liu, 1997) y de 11.8 resultado de este trabajo.

Las diferencias de los parámetros demográficos, para la especie, encontrados por Chen y Liu (1997) y el presente trabajo no difieren de manera significativa ($P>0.05$) excepto en la tasa neta reproductiva (Ro), sin embargo, el valor encontrado por Chen y Liu (1977) se debe a que se considera a las crías de ambos sexos, y el actual estudio solo considera a las crías hembras, la falta de una estandarización en este punto puede conllevar a establecer programas de regulación fuera de la realidad al basarse solo en este parámetro.

SIMULACIÓN

En muchos casos se ha llegado a creer que manteniendo en un 50% la tasa de renovación poblacional (r) se puede mantener una pesquería sostenida (Baranov, 1918; Beverton y Holt, 1956 y 1957; Gulland, 1971; Sstentongo y Larkin, 1973; Ricker, 1975; Wetherall *et al.* 1987), pero observando la poca variación, de su valor, dentro de la simulación realizada, se puede decir que este valor indica la resistencia que la población opone a la presión pesquera, pero sería un error olvidar la elasticidad, es decir, la capacidad de restablecer la densidad poblacional bajo un aumento de mortalidad.

El indicador de la elasticidad del stock en este trabajo es la tasa neta reproductiva (Ro), con base en la consideración de que este índice representa el número de hembras hijas reproductoras que sustituirían a una madre (Roff, 1992), aunque algunos resultados en la

literatura apoyen la idea de que cuando Ro =1 se encuentra el punto de equilibrio de la población (Hoening y Gruber, 1990; Cailliet, 1992; Cailliet *et al.* 1992; Cortes, 1995; Castillo y Marquez, 1996; Cortes y Parson, 1996; Marquez *et al*, 1998) los resultados de este trabajo no coinciden con ella, debido a que, en la actual simulación, su valor fue muy sensible a los cambios de mortalidad por pesca (F).

Tomando en cuenta a Daimond (1989) sobre que la ruptura del equilibrio de la interacción entre los depredadores y las presas desencadena grandes perdidas en los sistemas explotados, si son los depredadores los que disminuyen, en este caso la sobrexplotación del tiburón martillo (*Sphyrna lewini*), promueve la abundancia de peces que no son importantes económicamente en la pesca regional, tal como se observa indirectamente con los scianidos y carángidos y urolófidos, y con mayor daño el crecimiento explosivo de las poblaciones de peces que se alimentan principalmente de coral, como son los balístidos, lábridos y scaridos que forman parte de la dieta de un amplio grupo de peces, tal como lo observó Pauly (1994) en el sudeste de Asia.

Asimismo Casey y Myers (1998) presentaron la primera evidencia bien documentada de los primeros síntomas de extinción ocasionada por la sobreexplotación a un pez de amplia distribución, es importante resaltar que la especie en cuestión, al igual que el tiburón martillo es un elasmobranquio, se trata de la raya llamada localmente en el Atlántico Noroeste como "raya portón" (*Raja laevis*), y que en 1950 se estimó una población de 600 mil individuos. Para la década de los 70s se encontraban solo 500 organismos, y desde el año de 1994 solo se

captura de manera esporádica a los 1,000 metros de profundidad, dando por hecho la alta fragilidad de los elasmobranquios en todo el mundo.

Roberts (1997) presento un ensayo bastante completo de las advertencias ecológicas que enfrenta la crisis pesquera global, en la que destaca la variabilidad de la captura debida a las fluctuaciones poblaciones de los peces en función de los cambios bióticos y abióticos, además de los umbrales que presenta los stocks con el predominio o caída de la abundancia de alguna especie, presa o depredador. Lo anterior resalta la importancia del uso de las tablas de vida para solventar las estrategias de una pesquería responsable, esto basado en la proporción de la mortalidad por pesca y la natural (F: M) y su comportamiento pesquero, a diferentes escalas de esfuerzo pesquero dentro del umbral de las estrategias ecológicas "r" y "K".

Las especies de elasmobranquios actualmente explotadas pueden ser la clave para la regulación de las pesquerías, ya que además de poseer características de un estratega "K", sus temporadas de parto confluyen con el desove de una gran diversidad de peces, por lo que al proteger a estos peces se lograría la protección del componente íctico acompañante en lo que se denomina "Efecto sombrilla" (Daimond, 1989). Aun con esto quedan las siguientes interrogantes: cual es la proporción de mortalidad que amortizan los índices debido a la falta de cuantificación de la migración a profundidad de los juveniles mayores de 120 cm y cual es la mortalidad generada por el cambio climático global que actualmente ocurre. Esto solo podrá ser conocido hasta haber realizado un seguimiento cercano a las cohortes actuales del tiburón martillo.

CONCLUSIONES

1) Paralelo a la costa michoacana, y de sur a norte, se encuentran 5 áreas de segregación: Zona A, definida como un área de alimentación para los machos adultos, zonas B y D, consideradas como un área de refugio de neonatos que rodean al área C que es la zona de crianza mientras que la zona E se trata de un área de apareamiento y por último la zona F se caracteriza como un área de alimentación de hembras adultas.
2) En machos y hembras, la talla de primera madurez (3.56 y 4.4 años respectivamente) y la edad de maduración masiva del 50% de la población (3.76 y 4.84 años respectivamente,) difieren significativamente, lo que en teoría indica una reducción en la talla de madurez como respuesta a una estrategia de conservación frente a la actual presión pesquera.
3) La madurez sexual del tiburón martillo (*Sphyrna lewini)* se considera de tipo estándar según la clasificación de Joung y Chen (1995), La fecundidad presenta un promedio de 30 embriones (16 hembras) por parto, con una ligera predominancia de crías hembras (1.2: 1)
4) El tiempo de gestación dura aproximadamente 10 meses, la época de partos se presenta en los meses de mayo a julio y la temporada de apareamiento va de julio a agosto. De acuerdo con el periodo de diez meses para la ovulación propuesto Chen *et al.* (1988), que sumado a una temporada de gestación de diez meses y a un probable descanso reprodutivo de casi un año, pueden inferirse ciclos trianuales de arrivamiento masivo, mismos que pueden observarse de manera indirecta en las capturas comerciales.
5) De acuerdo con sus hábitos alimentarios, estos tiburones son principalmente ictiófagos con una alta preferencia por los batoideos. Existe una marcada diferencia entre la dieta de las hembras y machos, ya que los machos se alimentan principalmente de presas costeras

mientras que en las hembras tienden a consumir presas pelágico – costeras. En las hembras se encontraron restos de delfín manchado (*Stenella attenuata*), sin que se pueda definir si son parte de la depredación o de carroñeo.

6) Dentro de la depredación se observa un marcado canibalismo sobre los neonatos y crías. Las especies depredadoras de mayor importancia son el tiburón volador (*Carcharhinus limbatus*) y el pargo colmillón (*Lutjanus novemfasciatus*), siendo el último el único pez óseo encontrado que depreda neonatos y crías de tiburón en condiciones naturales.
7) Las relaciones del tiburón martillo y la ictiofauna acompañante se definen principalmente por las relaciones de presa y depredadores, dominando los consumidores de tercer orden.
8) La pesca en la costa michoacana se divide operacionalmente en dos: pesca de aguas someras y pesca de rendimiento, siendo la última la realizada a casi 7 millas de la costa.
9) La mortalidad total (Z= 0.61) muestra una pesquería que se enfoca a la captura de individuos que no han llegado a la madurez sexual, mientras que la mortalidad natural (M = 0.32) puede deberse a la depredación y enfermedades. La mortalidad por pesca es muy alta (F =0.61), y es muy probable que incluya también la mortalidad ocasionada por fenómenos climáticos y meteorológicos.
10) Con los esfuerzos actuales la pesca de rendimiento presenta los valores más altos (Y/R = 20.3 kg./recluta) mientras que este valor se reduce hasta un 29.9% (Y/R = 6.1 Kg./recluta) en la pesca de aguas someras.
11) Los valores demográficos hipotéticos de una población virgen de esta especie y en esta localidad son: Ro = 11.8 crías hembras/madre; G = 7.6 años; r = 0.32; λ = 1.4; Tx2 = 2.15

y Cx = 0.019, los cuales muestran una población altamente sensible a cambios en su estructura y tamaño.

12) Los parámetros más afectados son la tasa neta reproductiva (Ro), que en la pesca de aguas someras tiene el 5.6% de la población virgen, mientras la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (r) para esta tipo de pesca se torna negativa. Lo anterior muestra que el primer índice representa la resistencia y el segundo la elasticidad del stock frente a la pesca de esta región

RECOMENDACIONES

Para recuperar los datos de los tiburones martillo desembarcados ya eviscerados se recomienda usar la relación de la longitud interdorso – precaudal con la longitud total.

Como método rápido y confiable para la estimación de la mortalidad natural (M) se recomienda el modelo de Roff (1984) modificado con la edad de óptima madurez de Jensen (1996), ya que sólo se necesita de los parámetros de la ecuación de crecimiento.

Particularmente para la costa michoacana se recomienda que se evalúe socioeconómicamente la instauración de una veda temporal de las redes menores de 6” de abertura de malla en las cercanías de los deltas de río y durante el pico de abundancia de neonatos, que en la región ocurre durante casi 30 días, en el intermes de junio - julio de cada año, además de un seguimiento de la composición de las capturas.

BIBLIOGRAFÍA

Alverson D. L. y M. J. Carney . 1975 A Graphic Review of the Growth and Decay of Population Cohorts. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* 36 (2): 133-143.

Amezcua Linares F. 1996. *Peces Demersales de la Plataforma Continental del Pacífico Central de México.* I. C. M y L. UNAM.- CONABIO. 184p.

Andersen K. P., y Ursin E. 1977. The Partitioning of Natural Mortality in a Multiespecies Model of Fishing and Predation. *In*: Steele J. H. (Ed) 1977. *Fisheries Mathematics*. Chapter 6. Academic Press. 198p.

Anderson E., D., 1990. Fishery Models as Applied to Elasmobranch Fisheries: 473-484. I*n*: Pratt H., L., Jr., Gruber S., H. y Taniuchi T. (Eds). Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology Systematic, and Status of Fisheries. *NOAA. Tech. Rep. NMFS*. 90 U. S. Dep. of Commerce.

Anislado Tolentino V. 1994. Estudio Preliminar en la Determinación de la Edad y Crecimiento del Tiburón Martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith 1834) en el Litoral de Michoacán. México. *"IV Congreso Nacional de Ictiología"* Escuela de Biología de la UMSNH, Morelia, Michoacán.

Anislado Tolentino V. 1995. Determinación de la Edad y Crecimiento en el Tiburón Martillo *Sphyrna lewini* (Griffith y Smith, 1834) en el Pacífico Central Mexicano. Tes*is Biología*. Fac. de Ciencias. UNAM. 68 p.

Anthony V. C. 1982. The Calculation of $F_{0.1}$: a Plan for Standardizacition. *NAFO SCR.* Doc. 82/VI/64 Ser. No. N557:15p.

Applegate P. S., L. Espinosa-Arrubarrena. , L. Menchaca-López, y F. Sotelo-Macías. 1979. *Tiburones Mexicanos*. Dir. Gral. de Ciencia y Tecnología del Mar. SEP. México. 146p.

Applegate P. S., L., Sotelo-Macías, y L. Espinosa-Arrubarrena. 1993. An Overview of Mexican Shark Fisheries, with Suggestions for Shark Conservation in México. U.S. Dep. Commer. *NOAA. Tech. Report. NMFS* 115: 31-37.

Au David W., y S. E. Smith. 1997. A Demographic Method with Population Density Compensation for Estimating Productivity and Yield per Recruit of the Leopard Shark (*Triakis semifasciata*) *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54: 415-420

Baranov F. I. 1918. On the Question of Biological Basis of Fisheries. *Nuchn. Issled. Ikhtiol. Inst. Izv.* 1: 81-128 (Resumen en ingles, texto en ruso).

Barbieri L. R, Chittenden Jr. M. E., y Jones C. M. 1997. Yield-per-Recruit Analysis and Management Strategies for Atlantic Croaker, *Micropogonias undulatus* in the Middle Atlantic Bight. *Fish. Bull.* 95: 637-645.

Bass A. J. 1986. Sharks *in:* Smith M. M. and Heemstra P. H. (Eds) 1986. *Smiths´ Sea Fishes.* Springer-Verlag. N. Y.

Bass A. J., J. D´Aubrey y N. Kistnasamy. 1975. Sharks of the East Coast of Southern Africa. III.- The Families Carcharhinidae (Excluding *Mustelus* and *Carcharhinus*) and Sphyrnidae. *Invest. Rep. Oceanogr. Res. Inst.* 38: 1-100.

Baughman J. L. y S. Springer. 1950. Biological and Economic Notes on the Sharks of the Gulf of Mexico, With Especial Reference to Those of Texas, and With a Key for their Identification. *Am. Midl. Nat.* 44(1): 96-152.

Beddington J.R., y J. G. Cooke. 1983. The Potential Yield of Fishes Stocks. *FAO Fish. Tech. Pap.* 242: 47p.

Begenal T. B y E. Braum. 1971. Eggs and Early Life History In: W. E. Ricker Ed. *Methods for Assessment of Fishes Production in Freshwaters.* Inst. Bio. Programmed. Handbook #. 116-198

Berkeley S. A. y W. L. Campos. 1988, Relative Abundance and Fishery Potential of Pelagic Sharks Along Florida's East Coast. *Mar Fish. Rev.* 50 (1): 9-16

Beverton R. J. H., y S. J. Holt. 1956. A Review of Methods for Estimating Mortality Rates in Fish Populations with Special References to Sources of Bias in Catch Sampling. *Rapp. P. V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 140: 67-83

Beverton R. J. H., y S. J. Holt. 1957. On the Dynamics of Exploited Fish Populations. *Fish. Invest.* Ser.2. (19): 1-533.

Bigelow, H. B. y W. Schroeder. 1948-1953. Sharks. *in*: A. E. Parr and Y. H. Olsen (Eds) *Fishes of the Eastern North Atlantic.* Sears Found. Mar. Res. Yale Univ., New Haven. Part 1. p 59. 546.

Bonfil S. R. 1994. Overview of World Elasmobranch Fisheries. *FAO. fisheries technical paper*. 341.119 p.

Bonfil S. R. 1997. Status of Shark Resources in the Southern Gulf of Mexico and Caribbean. Implications for Management. *Fisheries Research*. 29: 101-117

Branstetter S. D. 1981. Biological Notes on the Sharks of the North Central Gulf of Mexico. *Contrib. Mar. Sci.* 24: 13-34.

Branstetter S. D. 1987. Age, Growth and Reproductive Biology of Silky Shark, *Carcharhinus falciformis,* and Scalloped hammerhead, *Sphyrna lewini*, from Northwestern Gulf of Mexico. *Env. Biol. Fish.* 19 (3): 161-173.

Bres M. 1993. The Behavior of Sharks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries.* 3: 133-159.

de Buen Fernando. 1952. El Tiburón Vitamínico. In “Apartado del No 7 de la Revista de la Facultad de Humanidades y Ciencias” pp. 87 - 116. (Universidad de la República: Montevideo)

Caddy J. G. 1998. A Short of Precautionary Reference Points and Some Proposals for their Use in Data-Poor Situations. *FAO Fish. Tech. Paper.* 379: 30 p.

Caddy J. G. y J. Csirke, 1983. Approximations to Sustainable Yield for Exploited and Unexploited Stocks *Oceanogr. Trop. 18(1): 3-15*

Cailliet G. M. 1992. Demography of Central California Population of the Leopard Shark (*Triakis semifasciata*). *Aust. J. Mar. Freswater Res.* 43: 183-193

Cailliet G. M., H. F. Mollet., G. G. Pittenger., D. Bedford, y L. J. Natanson. 1992. Growth and Demography of the Pacific Angel Shark (*Squatina californica*), Based Upon Tag Returns off California. *Aut. J. Mar. Freswater. Res.* 43: 1313-1330.

Casey J. M. y R. A., Myers. 1998. Near Extinction of a Large, Widely Distributed Fish. *Science*. 31 July. vol. 281: 690-692.

Castillo Geniz J. L. 1990. Contribución al Conocimiento de la Biología y Pesquería del Cazón Bironche. *Rhizopriodon longurio* (Jordan y Gilbert, 1882)(Elasmobranchii, Carcharhinidae) del Sur de Sinaloa, Mexico. *Tesis Biología*. Fac. de Ciencias. UNAM. 128 p.

Castillo Geniz J. L. 1992. *Diagnóstico de la Pesquería del Tiburón en México.* INP. Sría. Pesca. ISBN 968-257-X 1a. Ed. México. 298 p.

Castillo Geniz J. L., A. Cid del Prado V., C. Robinson M, y V. Anislado T. 1996. Estado Actual del Conocimiento Científico y Tecnológico de los Tiburones como Recurso Natural Renovable de México. *SEMARNAP/ INP/ ICMyL/ Fac. de Ciencias. UNAM*. Informe interno para el Grupo de Trabajo No. 4. "La Pesquería de Tiburón", Norma Oficial Mexicana para la Regulación de la Pesca de Tiburón. Documento Interno inpaginado.

Castillo Geniz J. L. y J. F. Marquez F. 1996. "Evaluación de la Pesquería de Tiburón del Golfo de México". *Informe Final de Proyecto de Investigación*. Investigador responsable M. en C. Ma. Concepción Rodríguez De La Cruz. SEMARNAP. INP. CONACyT. (116002-5-1314N-9206). Inpaginado.

Castro-Aguirre J. L. 1969. Aprovechamiento de Tiburones y Rayas de México. *Inst. Nal. Invest. Biol. Pesq.* Trabajos de Divulgación, No 96. Vol. X 10 pag.

Castro-Aguirre J. L. 1978. *Catálogo Sistemático de los Peces Marinos que Penetran a las Aguas Continentales de México, con Aspectos Zoogeográficos y Ecológicos.* Serie Científica, (19) Dep. de Pesca. México. 298 p.

Castro J. I. 1983. *The Sharks of North American Waters.* Texas A & M. University Press, College Station, Texas. 179 p.

Castro J. I. 1993. The Nursery of Bull Bay, South Carolina, with a Review of the Shark Nurseries of the Southeastern Coast of the United States. *Env. Biol. Fish.* 38: 37-48

Castro J. I. 1999. A Preliminary Evaluation of the Status of Shark Species. *FAO Fish. Tech. Paper.* 380: 1-72

Charvanov E. L. y D. Berrigan. 1990. Dimensionless Numbers and Life History Evolution: Age of Maturity Versus the Adult Lifespan. *Evol. Ecol.* 4: 273-275.

Chen C. T., T. C. Leu, y J. Joung. 1988. Reproduction in the Female Scalloped Hammerhead Shark, *Sphyrna lewini*, in Northeastern Taiwan Waters. US. Fish Wild. Serv. *Fish. Bull*. 86 (2): 389-393

Chen C. T., T. C. Leu, y N. Ch. Lou. 1990. Age and Growth of the Scalloped Hammerhead, *Sphyrna lewini*, in Northeastern Taiwan Waters. *Pac. Sci*. 44(2): 156-170.

Chen C. T. y K. M. Liu. 1997. Demographic Analysis of the Scalloped Hammerhead, *Sphyrna lewini,* in the Waters of Taiwan. *5th Indo-Pacific Fish Conference* Noumea. New Caledonia 3-8 November. 1997. Abstract. #5.

Chiariamonte G. E. 1995. Explotación Comercial y Biológica de los Tiburones en la Argentina con Excepción del Cazón *Galeorhinus galeus*. Informe Nacional de la 12 a Reunión del Comité de Animals de CITES. Antigua Guatemala, 11 al 14 septiembre de 1995. Tiburones Parte 2, 12 pp.

Chiaramonte G. E. y J. Corcuera. 1995. Explotación Comercial y Biológica de *Galeorhinus galeus* Linn.1758 en la República Argentina. Informe Nacional de la 12 a Reunión del Comité de Animals de CITES. Antigua Guatemala, 11 al 14 septiembre de 1995. Tiburones Parte 1, 16 pp.

Clarke Thomas A. 1971. The Ecology of the Scalloped Hammerhead Shark. *Sphyrna lewini*, in Hawaii. *Pacific Science.* (25): 133-144.

Compagno L. J. V. 1984. FAO Species Catalogue. Vol. 4. Sharks of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Sharks Species Known to Date. *FAO. Fish. Synop.* No. 125, Vol., pt. 1 (Non carcharhinoids, 1984a), p viii, 1-250, April, pt. 2 (Carcharhiniformes, 1984b), p. x, 251-655, Dec. United Nations Development Programme/Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Compagno L. J. V. 1990. Alternative Life history of Cartilaginous Fishes in Time and Space.: 33-75 .In: *Alternative Life-history Styles of Fishes*. (Bruton Michel N. (Guest Ed.) (Balon Eugene K. (Series Ed.). Developments in Environmental Biology of Fishes 10. Reprinted from Env. Biol. Fish. 28(1-4) 1990: with addition of species and subject index. Netherlands. 327 p.

Compagno L. J. V. 1999. FAO Species Catalogue. Sharks of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Sharks Species Known to Date. *FAO. Fish. Synop.* In Press.

Compagno L. J. V., D. A. Ebert, y M. J. Smale. 1989. *Guide to the Shark and Rays of Southern Africa.* Struik Publisher, Cape Town. 160pp.

Cortes E. 1995. Demography Analysis of the Atlantic Sharpnose Shark *Rhizoprionodon terronavae*, in the Gulf of Mexico. *Fish. Bull.* 93: 57-66.

Cortes E. 1998. Demographic Analysis as an Aid in Sharks Stock Assessment and Management. *Fish. Res.* 39: 199-208.

Cortes E. y G. R. Parson. 1995. Comparative Demography of two Populations the Bonnethead Shark (*Sphyrna tiburo*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 709-718.

Crow G. L., C. G. Lowe y B. M. Wertherbee. 1996. Sharks Records from Longline Fishing Programs in Hawaii with Comments on Pacific Ocean Distributions. *Pac. Sci.* 50(4): 382-392

Daimond. J. M. 1989. The Present, Past and Future of Human-Caused Extinction's. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 325: 469-477.

D´Aubrey J. D. 1964. A Carcharhiniid Shark New to South African Waters. *S. Afr. Assoc. Mar. Biol. Res. , Invest. Rep.* 9: 3-16

Dayton L., 1991. Save the Sharks. *New Scientist*. 130 (1773): 34-38.

Deriso. 1987. Optimal $F_{0.1}$ Criteria and Their Relationship to Maximum Sustainable Yield. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* 44 (Suppl. 2): 339-348.

Elst Van Der R. P., y F. Adkin (Eds). 1991. Marine Linefish. Priority Species and Research Objectives in Southern Africa. *Oceanographic Research Institute*. Special publication No. 1. Sep.132p

Euzet L. 1994. Orden Tetraphyllidae Carus, 1863: 149-194. In: Khalisl L.F., A. Jones., y R. A. Bray. (Eds) 1994. *Key to the Cestode Parasites of Vertebrates* CAB. International. U.K. 751p.

FAO. 1993. Review of the State of World Marine Fishery Resources. *FAO Tech. Pap.* 335: 135 pp.

Fowler S. 1996. Status of the Basking Shark (*Cetorhinus maximus*). *Shark News*. 6: 4-6

Francis R. C. 1974. Relationship of Fishing Mortality to Natural Mortality at the Level of Maximum Sustainable Yield Under the Logistic Stock Production Model. *J. Fish. Res. Board. Can.* 31: 1539-1542.

Francis M. P. 1998. New Zeland Shark Fisheries: Development, Size and Management. *Marine and Freshwater research*. 49: 579-591

Geremy C., R. P. Van Der Elst., A. Govender., T. K. Witthuhn y E. M. Bullen. 1996. First estimates of Mortality and Population Size of withe Sharks on the South African Coast. *In:* A. P. Klimley and D. G. Ainley (Eds) *Great White Sharks. The Biology of Carcharadon carcharhias*. Academy Press. San Diego California. USA: 393-400 (517p).

Gezt W. M., y G. Haigth. 1989. *Population Harvesting. Demographic Models of Fish, Forest and Animal Resource.* Princeton University Press.

Gilbert P. W. 1981. Patter of the Sharks Reproduction. *Oceanus*: 30-39

Gilbert R. C. 1967. A Revision of Hammerhead Sharks (Family Sphyrnidae). *Procc. US. Nat. Mus.* (119) (3539): 1-88

Grant C. J., R. O. Sandlaand, y A. M. Olsen 1979. Estimation of Growth, Mortality and Yield per Recruit of the Australian School Shark, *Galeorhinus australis* (Macleay), from Tag Recovers. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 30: 625-637.

Gulland J. A. 1971. *The Fish Resources of Oceans.* FAO / Fishing New Books. LTD. Surrey England.

Gulland J. A. y Borema L. K.. 1973. Scientific Advice on Catch Levels. *Fish. Bull.* 71 (2): 325-335.

Gunderson D. R., P. Callahan y B. Goine. 1980. Maturity and Fecundity of Four Species of *Sebastes*. *Mar. Fish. Rev.* 42(3-4): 74-79

Hamilton W. J. y K. E. Watt. 1970. Refuging. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1: 263-287.

Hernández-Carballo A. 1965a. Resumen de las Investigaciones sobre Elasmobranquios de la República Mexicana. *An. Inst. Nat. Inv. Biol.-Pesq*. 10(98):1-15.

Hernandez-Carballo A. 1965b. Marcado de Tiburones y Recuperación de Marcas en el Océano Pacífico de la República Mexicana. *An. Inst. Nat. Inv. Biol.-Pesq*. 10 (98): 1-015.

Hernandez-Carballo A. 1967. Observations on the Hammerhead Sharks (*Sphyrna*) in the Waters near Mazatlán. Sinaloa, Mexico. *in*: *Sharks, Skates and Rays*. P. W. Gilbert, R. F. Mathewson y D. P. Rall (eds.), The Johns Hopkins Press. Baltimore. Mary Land.: 79-83.

Hoening J. M. 1983. Empirical Use of Longevity Data to Estimate Mortality Rates. *Fish Bull. 82: 898-893.*

Hoening J. M. y S. H. Gruber. 1990. Life-history Patterns in the Elasmobranchs: Implications for Fisheries Management: 1-16 *in*: Pratt H., L., Jr., Gruber S., H. y Taniuchi T. (Eds). Elasmobranch as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology Systematics, and Status of Fisheries . *NOAA. Tech. Rep. NMFS*. 90 U. S. Dep. of Commerce.

Hoff T. B. 1990. Conservation and Management of the Western North Atlantic Shark Resourse Based on the Life History Strategy Limitations of the Sandbar Shark. *Ph. D. Dissertation.* University of Delaware Newark, DE, 282 pp.

Holden M. J. 1973. Are long-term Sustainable Fisheries for Elasmobranchs Possible?. *Reppors et Procis-Verbaux de pesqueries.* 164: 360-367.

Holden M. J. 1974. Problems in the Rational Exploitation of Elasmobranch Populations and Some Suggested Solutions. *In:* F. R Harden Jones (De), *Sea Fisheries Research.* Logos Press, London, pp. 117-137.

Holland K. N., B. M. Wetherbee, J. D. Peterson, y C. G. Lowe. 1993. Movements and Distribution of Hammerhead. Shark Pups on Their Natal Grounds. *COPEIA.* (2): 495-502.

Holts B. D., 1988. Review the U.S West Coast Commercial Sharks Fisheries. *Marine Fisheries Review*. Southwest Fisheries Center. NMFS. La Jolla. California 50(1):8p.

Huntsman G. R., Manooch C. S., y Grimes C. B. 1983 Yield per Recruit Models of Some Reef Fishes of the U. S. South Atlantic Bight. *Fish. Bull.* 81 (4): 679-695

Jensen A. L. 1996. Beverton and Holt Life History Invariants Result from Optimal Trade-Off of Reproduction and Survival. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53: 820-822.

Jensen C. F. y F. J. Schwartz. 1994. Extreme Habitat Occurrences for Two Species of Hammerhead Sharks (Family Sphyrnidae) in North Carolina and Western Atlantic Ocean Waters. *The Journal of the Elisah Mitchell Scientific Society.* 110(1): 46-48

Johnson L 1981. The Thermodynamic Origin of Ecosystems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38:571-590.

Jones B. C. y G. H. Geen. 1977. Reproduction and Embryonic Develoment of Spiny Dogfish (*Squalus acanthias*) in the Strait of Georgia, British Columbia. *J. Fish. Res. Board Can.* 34: 1286-1292.

Joung S. J. y C. T. Chen. 1995. Reproduction in the Sandbar Shark, *Carcharhinus plumbeus,* in the Waters off Northeastern Taiwan. *COPEIA*. (3): 659-665

Kabata Z. 1984. Daises Caused by Metazoans: Crustaceans *In: Daises of Marine Animals,* Vol. 4. (O. Kinne, Ed.)p. 321-399. Biologische anstalt Helgoland, Hamburg.

Kato S., y Hernández-Carballo A., 1967. Shark Tagging in the Eastern Pacific Ocean, 1962-65. in: *Sharks, Skates and Rays*. P. W. Gilbert, R. F. Mathewson y D. P. Rall (eds.), The Johns Hopkins Press. Baltimore. Mary Land.: 93-109

Keinath J. A. y Musick J. A. 1993. Movements and Diving Behavior a Leatherback Turtle, D*ermochelis coriacea. COPEIA*: 1010-1017.

Kevesten G. L. 1966a. Stock Assessment for Schools Shark, *Galeorhinus australis*. *Commonwealth-States Fisheries Conference. Southern Pelagic Project Committee. Technical Session, Cronulla,* 1966 Vol. 4 SPP(T) 66/3/8. 4pp

Kevesten G. L 1966b. School Shark Could be More Heavily Exploited. *Aust Fish.* 25 (11): 13.

Kohler N. E., J. G. Casey., y P. A. Turner. 1995. Length-Weight Relationships for 13 Species of Sharks from the Western North Atlantic. *Fish. Bull.* 93: 412-418.

Klimley A. P. 1985. Schooling in *Sphyrna lewini*, a Species with Low Risk of Predation: a Nonegalitarian State. *Z. Tierpsychol:* 297-319.

Klimley A. P. 1987. The Determinants of Sexual Segregation in the Scalloped Hammerhead Shark, *Sphyrna lewini*. *Env. Biol. Fish*. 18 (1): 27-40.

Klimley A. P. y S. T. Brown. 1983. Sterophotography for the Field Biologist: Measurement of Lengths and Three-dimensional Positions of Free-Swimming Sharks. *Mar.Biol*. (74): 175-185.

Klimley A. P., y D. R. Nelson. 1984. Diel Movement Patterns of Scalloped Hammerhead (S. *lewini*) in Relation to El Bajo Espiritu Santo; a Refuging Central position Social System. *Behav. Ecol. Sociobiol*.(15):45-54.

Klimley A. P., y S. B. Butler, 1988. Immigration and Emigration of a Pelagic Fish Assemblage to Seamounts in the Gulf of California Related to Water Mass Movements Using Satellite Imagery. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. (49): 11-20.

Klimley A. P, S. B. Butler, y D. R. Nelson. 1988. Diel Movements of the Scalloped Hammerhead S. *lewini*, Griffith and Smith, to and from a Seamoutnth in the Gulf of California. *J. Fish. Biol*. (33): 751-761.

Klimley A. P., I. Cabrera Mancilla, y J. L. Castillo Geniz. 1993. Descripción de los Movimientos Horizontales y Verticales del Tiburón Martillo *Sphyrna lewini*. en le Golfo de California, México. *Cienc. Mar*. 19 (1): 95-115.

Krebs Charles J. 1994. *Ecology. The Experimental Analysis of Distribution and Abundance.* Fourth Edition. Harper Collins Collage Publishers. 810p.

Larkin P. A. 1977. An Epitaph for the Concept of Maximum Sustained Yield. *Trans. Ame. Fish. Soc.* 106 (1): 1-141

Last P. R. y J. D. Stevens. 1993. *Sharks and Rays of Australia*. CSIRO Information Services, PO Box 89, East Melbourne, Victoria 3002, 513pp, 84 plates.

Learherwood J. S., Perrin W. F., Garvie R. L., y LaGrange J. C. 1979. Observations of the Sharks Attacking Porpoises (*Stenella spp.* and *Delphinus* c.f. *D. delphis*) *Nav. Undersea Cent.* San Diego TN 908: 1-7.

Li Xuanhai. 1989. The Dynamic Pool Model and Consequences of its Approximations to Fisheries Management, p. 121-126. *In*. R. J. Beamish y G. A. McFarlane (Ed) Effects of Ocean Variability on Recruitment and an Evaluation of Parameters Used in Stock Assessment. Models. *Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 108.

Long Douglas J. y Jones. Robert E. 1996. White Shark Predation and Scavenging of Cetacean in the Easter North Pacific Ocean. *In:* A. P. Klimley y D. G. Ainley (Eds) *Great White*

Sharks. The Biology of Carcharadon carcharhias. Academy Press. San Diego California. USA: 293-316 (517p).

Madrid V. J. 1990. Ecología de Algunas Especies de Peces de Importancia Comercial. *Tesis de Maestría* (Biol. Sist. y Rec. Acuat.). Facultad de Ciencias. UNAM.

Margalef R., 1957. La Teoría de la Información en Ecología. *Mem. Res. Acd. Cienc. y Artes Barcelona*. 32(13): 373-449.

Marin V. A. 1964. Aspectos Interesantes para la Pesca del Tiburón en México. Inst. Nal. Invest. Biol. Pesq. *Trabajos de Divulgación.* No 88, Vol. IV. 20p6

Marquez F. J. F., J. L. Castillo G y Ma. C. Rodríguez de la Cruz. 1998. Demografía del Cazón Pech, *Sphyrna tiburo* (Linnaeus, 1758), en el Sureste del Golfo de México. *Ciencias Marinas.* 24 (1): 13-34

Meek, A. 1916. The Migrations of Fishes. Edward Arnold, London. 427 p.

Mendizabal y Oriza D., 1995. Biología Reproductiva, Crecimiento, Mortalidad y Diagnóstico de *Alopias vulpinus* (Tiburón Zorro) y *Carcharhinus limbatus* (Tiburón Volador); en la Boca del Golfo de California al Golfo de Tehuantepec, Periodo 1986-1987. *Tesis de Maestría en Ciencias*. Biología. Fac, de Ciencias. UNAM.

Muñoz-Chapuli R. 1984. Ethologie de la Reproductión Chez Quelques Requins de L´Atlantique Nord-Est. *CYBIUM.* 8(3): 1-14.

Nayaka K. 1995. Hydrodynamic Function of the Head in the Hammerhead Sharks (Elasmobranchii: Sphyrnidae). *COPEIA*.(2): 330-336.

O´connor P. FitzGerald. *Shark!.* W. W. Norton & Company. Inc. N. Y. USA. 255 p.

Olsen A. M. 1954. The Biology, Migration, and Growth Rate of the School Shark, *Galeorhinus australis* (MaCley) (Carcharhinidae) in southeastern Australian Waters. *Aust. J. Mar. Freshwaters Resch.* 5(3): 353-410

Olsen A. M. 1959. The Status of the School Shark Fishery in South - Eastern Australian Waters. *Aust. J. Mar. Freshwaters Resch.* 10: 150 - 76

Parker Jr. F. R. y C. M. Bailey. 1979. Massive Aggregations of Elasmobranchs Near Mustang and Padre Islands, Texas. *The Texas J. Sci.* 31(3): 255-266.

Parson G. R. 1993. Age Determination and Growth of the Bonnethead Shark *Sphyrna tiburo*: a Comparison of Two Populations. *Ma. Biol.* 117: 23-31.

Pauly D. 1980. On the Interrelationships Between Natural Mortality, Growth Parameter and Mean Environmental Temperature in 175 Fish Stocks. *J. Const. Int. Explor. Mer.* 39 (3): 175-192.

Pauly D. 1994. *On the Sex of Fish and the Garden of Scientists: A collection of essays in fisheries science.* Chapman & Hall. Fish and Fisheries Series 14. 250 p.

Peres M. B. y C. M. Vooren. 1991. Sexual Development, Reproductive cycle, and fecundity of the School shark *Galeorhinus galeus* off Southern Brazil. *Fishery Bulletin* 89: 655-667

Pielou E. C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: A primer on classification and ordination.* John Wiley & Sons. New York. USA. 263.

Ralston Stephen. 1987. Mortality Rates of Snappers and Groupers *In:* Polovina J. J. and Ralston S. (Eds). 1987. *Tropical Snappers and Groupers, Biology and Fisheries management* Ocean Resour. Mar. Public. (375 –404)

Randall J. E. 1992. Review of the Biology of the Tiger Shark (*Galeocerdo cuvieri*) *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 21-31

Ricker. 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Population. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 191: 382 p.

Rikhter V. A. y Efanov, 1976. On One of the Approaches to Estimation of Natural Mortality of Fish Populations. *ICNA. Res. Doc.,* 76/VI/8:12 p.

Ripley W. E. 1946. The Soupfin Shark and the Fishery. *California Division of Fish and Gema Fish Bulletin*. 64: 7 - 37.

Roberts C. M. 1997. Ecological Advice for the Global Fisheries Crisis. *Trends Ecol. Evol.* 12: 35-38

Rodríguez M. C., Lorán N. R. Ma., García H. N., Echeverría R. V., y Escudero G. F. Zona de Crianza y Reproducción del *Rhizoprionodon terranovae*, en el Sistema Arrecifal Veracruzano, México. *Memorias de la IV Semana de Avances en Investigación y Desarrollo Tecnológico en Ciencias del Mar y II Reunión Regional de Diagnostico de la Investigación. del 3 a 6 de Nov. de 1997.* Dir. de E. C. y Téc. del Mar. Inst. Téc. del Mar. No. 1

Roff D. A. 1984. The Evolution of Life History Parameters in Teleosts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 41: 989-1000

Roff D. A. 1992. *The Evolution of Life Histories: Theory and Analysis.* Chapman & Hall. Inc. 535p

Ruiz L. A.. 1983. Contribución al Conocimiento de los Peces Marinos de Importancia Comercial en Bahía Bufadero. Michoacán. Méx. *Tesis Biología*. Fac. de Ciencias. UNAM. 137 p.

Sánchez Vázquez J. I., 1977. Análisis de la Pesquería del Tiburón en la Zona Seri, Sonora. *Tesis Biología*. Fac. de Ciencias. UNAM.

Sawyer R. T., A. R. Lawler., y R. M. Over-Street. 1975. Marine Leeches of the Eastern United States and Gulf of Mexico with a Key to Species. *J. Nat. Hist.* 9: 633-667.

Schwartz F. J. 1983. Shark Ageing Methods and Age Estimation of Scalloped Hammerhead *Sphyrna lewini,* and Dusky, *Carcharhinus obscurus*, Sharks Based on Vertebral Rings Counts. 167-174. *In:* Prince E. C. y Pulos L.M. 1983. Proceedings of the International Workshop on Age Determination of Oceanic Pelagic Fishes: Tunas, Billfishes. and Sharks. *NOAA Tech. Rep. NMFS* 8: 211 p.

Seabrook-Davison M., L. J. Paul y R. J. Hurst. 1985. School Shark. In *Background Papers for the 1985 Total Allowable Catch* (Coleman J. A., J. L. McKoy y G. G. Baird Eds) p. 259. (Fisheries Research Division, Ministry of Agriculture and Fisheries: Wellington, New Zeland).

SEMARNAP. 1998. *Anuario Estadístico de Pesca 1997.*Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca 241 p.

SEMARNAP. 1999. *Anuario Estadístico de Pesca 1997.*Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca 251 p.

Sminkey T. R., y J. A. Musick. 1996. Demographic Analysis of the Sandbar Shark, *Carcharhinus plumbeus,* in the Western North Atlantic. *Fish. Bull.* 94: 341-347.

Smith S. E. y N. J. Abramson. 1990. Leopard Shark *Triakis semifasciata* Distribution, Mortality Rate, Yield, and stock Replenishment Estimates Based on a Tagging Study in San Francisco Bay. *Fish Bull.* 88: 371-381.

Snedecor G. W.y W. G. Cochran. 1967. *Statistical Methods.* 6th Edition. The Iowa State University Press. USA. 593p

Sokal R. R., y P. Sneath. 1963. *Principles of Numerical Taxonomy* Freeman, San Francisco. 359 p.

Sokal R. R., y F. J. Rohlf. 1966. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W. H. Freeman and Company. US. San Fco. 775p.

Sparre Per, E, Ursin y S. C. Venema. 1989. Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1 Manual. *FAO. Fish. Tech. Pap.* 306/1.

Springer Stewart. 1967. Social Organization of Sharks Population. In: *Sharks, Skates and Rays*. (Gilbert. P. W., R. F. Mattheewson y D. Rall. (Eds), The Johns Hopkins Press Baltimore, Mary Land. 624 p.

Sstentongo G. W., y Larkin P.A. 1973. Some Simple Methods of Estimating Mortality Rates of Exploited Fish Populations. *J. Fish. Res. Board. Can.* 30: 695-698.

Stevens J. D. 1984. Life History and Ecology of Sharks at Aldabra Atoll, Indian Ocean. *Proc. Royal. Soc. Lond.* B222: 79-106.

Stevens J. D. y K. J. McLoughlin. 1991. Distribution, Size and Sex Composition, Reproductive Biology and Diet of Sharks from the Northern Australia. *Aust. J. Mar. Freswater Res.* 42: 151-199

Strong W. R., F. F. Snelson y S. H. Gruber. 1990. Hammerhead Shark Predation on the Stingrays: An Observation of Prey Handling by *Sphyrna mokarran*. *COPEIA*: 836-840.

Taylor C. C., 1958. Cod Growth and Temperature. *J. Cons. Int. Explor. Mer*. 23: 366-370.

Vetter E. F. 1988. Estimation of Natural Mortality in Fish Stocks: A Review. *Fish. Bull.* 86 (1): 25-43.

Walker T. I. 1992. Fishery Simulation Model for Sharks Applied to the Gummy Shark, *Mustelus antarticus* Günther, from Southern Australian Waters. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.* 43: 195-212.

Walter T. I. 1998. Can Shark Resources be Harvested Sustainably? A Question Revisited with a Review of Shark Fisheries. *Marine Freshwater Research.* 49: 553-572

Weiner C Richard. 1996. *Estadística.* CECSA. México. 839p

Wetherall J. A., J. J. Polovina., y S. Ralston. 1987. Estimating Growth and Mortality in Steady-State Fish Stocks from Length-Frequency Data. *ICLARM Conf. Proc.* (13): 53-74

Witzell W. N. 1987. Selective Predation on Large Cheloniid Sea Turtles, by Tigers Sharks (*Galeocerdo cuvieri*) *Jpn. J. Herpetol.* 12: 22-29 p.

Wood C. C., K. S. Ketchen y R. J. Beamish. 1979. Population Dynamics of Spiny Dogfish (*Squalus acanthias*) in British Columbia Waters. *J. Fish. Res. Board Can.* 36: 647-656.

Wootton R. J. 1979. Energy Costs of Egg Production and Environmental Determinants of Fecundity in Teleost Fishes. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 44: 133-159

Yamaguti S., 1961. *Systema Helminthum. Vol. III. Pts. II & I: The Nematodes of Vertebrates.* Interscience Pub Inc. New York. 1261p.

Yañez-Arancibia A. 1978. Taxonomía, Ecología y Estructura de las Comunidades de Peces en Lagunas Costeras con Bocas Efímeras del Pacífico de México. *Centro Cienc. del Mar y Limnol., Univ. Nal. Autón. México, Publ. esp.* 2: 1-306